FARADAY INVENTEUR

PARIS. — TYPOGRAPHIE WALDER, RUE BONAPARTE, 44.

FARADAY INVENTEUR

PAR

M. JOHN TYNDALL

De la Société royale de Londres,
Professeur de philosophie naturelle à Royal Institution,
Docteur en philosophie.

TRADUITE DE L'ANGLAIS

PAR M. L'ABBÉ MOIGNO



PARIS

AU BUREAU DU JOURNAL *LES MONDES*
32, RUE DU DRAGON
ET CHEZ GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE
55, quai des Grands-Augustins

1868

ERRATA.

Page 19, ligne 1, *sa proie;* lisez : *un point d'appui.*

Page 23, ligne 13, *barreau aimanté;* lisez : *barreau de fer.*

Page 37, ligne 4, *deux trentièmes de seconde;* lisez : *trois secondes.*

Page 58, ligne 5, *s'exerce toujours;* lisez : *s'exerce quelquefois.*

Page 72, ligne 17, *courant circulant au sein du fer;* lisez : *courant sans fer.*

Page 79, ligne 25, *le tout ensemble est attiré;* lisez : *il est attiré.*

Page 98, ligne 25 et suivantes, *par la propriété que possède l'oxygène, etc.;* lisez : *il trouva par la rotation qu'elle imprimait à un fil fin de verre que l'attraction de la boule d'oxygène, etc.*

Page 107, ligne 20, *représentées par un certain nombre de cordes;* lisez : *représentées comme des cordes.*

Page 111, *à la fois;* lisez : *une fois.*

Page 114, lignes 18 et 19, supprimez *ou soulevé*, et lisez : *tombant* au lieu de *retombant.*

Page 116, ligne 22, *ont lutté;* lisez : *se sont combinés.*

Page 121, ligne 31, avant-dernière, *en mouvement;* lisez : *un mouvement.*

Page 123, ligne 8 et suivantes, *si elle l'aurait empêché de pénétrer de force, etc.;* lisez : *si elle ne l'aurait pas détourné de pousser ses galeries dans un sol où la théorie n'indiquait la présence d'aucun filon.*

Page 128, ligne 8, *jargon;* lisez : *accent.*

Page 129, lignes 7 et 8, *pourraient que leur être très-agréables, s'ils vivaient encore;* lisez : *ne pourront qu'être très-agréables à ceux qui vivent encore.* Ligne 13, supprimez *compétente.*

Page 130, ligne 3, supprimez *apparent.* Ligne 7, *bonne ou mauvaise;* lisez : *orthodoxe ou non.* Ligne 24, *de votre enseignement;* lisez : *de votre travail.*

Page 131, ligne 17 et suivantes, *que ce fut lui ou un autre, etc.;* lisez : *De quelque part qu'elles viennent, les découvertes scientifiques lui causaient le même plaisir.*

Page 143, ligne 3 et suivantes, *je rencontrai un homme qui depuis à imprimé son cachet sur les esprits de son temps;* lisez : *un homme, M. Huxley, qui depuis a imprimé son cachet sur l'esprit de son temps.*

PRÉFACE

J'ai voulu traduire cet opuscule, et j'ai apporté à sa traduction le plus grand soin possible, en premier lieu, pour honorer la mémoire du savant le plus accompli qui fût jamais, et qui daigna m'honorer de son amitié; en second lieu, pour témoigner une fois de plus de mon admiration sympathique pour le beau talent de M. Tyndall; en troisième lieu enfin, pour édifier, instruire, intéresser, stimuler la jeune génération des savants de l'avenir. S'il y avait une bonne œuvre à faire, c'était celle-ci, et elle sera un des bons souvenirs de ma vie.

J'ai connu intimement Faraday, et s'il n'y avait pas de la témérité à vouloir mieux faire que MM. Dumas, de la Rive, Tyndall, j'esquisserais ici sa figure si bonne et si noble, son extérieur si modeste et si attrayant, son caractère si ferme et si franc, son geste si vif et si expressif, son sourire si fin, et pourquoi ne le dirions-nous pas, si malin; car Faraday était malin, c'était à la fois un grand homme, et un bon enfant, un bon camarade; son être tout entier respirait la fusion du génie et de la simplicité.

M. Tyndall a donné pour titre à sa brochure : ***Faraday discoverer***; je l'ai traduit, très-heureusement il me semble, par FARADAY INVENTEUR. En physique, en effet, Faraday est le chef incomparable de l'école des inventeurs; et le mot ***invention*** caractérise mieux que tout autre le genre de ta-

lent et de mission qu'il reçut du ciel. Il ne voulut pas, il n'eut pas pu être, à proprement parler, législateur ou vulgarisateur; il resta essentiellement inventeur, dans la sublime expression de ce mot. Il ne faut pas confondre l'inventeur avec celui qui *trouve*. L'inventeur est l'esprit ou le génie supérieur qui fait la chasse aux faits nouveaux, qui les atteint dans la région quelquefois inaccessible où ils se cachent, qui les saisit et les dompte. L'homme qui trouve est celui que le fait rencontre par hasard sur son chemin, quand le moment de sa révélation est venu. Que de magnifiques inventions Faraday a faites. Ce qu'il cherchait était si souvent hors de la portée des intelligences ordinaires, qu'il cachait avec grand soin, avec une véritable inquiétude, le but de ses manipulations, comme s'il en avait été honteux, comme si, et c'était son expression accoutumée, il eût couru après l'absurde. Ce petit livre dit assez son bonheur et son triomphe. Personne n'a autant accumulé que lui de découvertes mémorables, sans que jamais il s'en soit montré fier. Sa modestie était à la hauteur de son génie. Et chez lui, la modestie n'était pas l'humilité à crochet de l'homme adroit qui s'abaisse pour qu'on l'exalte; c'était une vertu vraiment chrétienne inspirée par une foi sincère, quoiqu'elle ne fût pas orthodoxe.

La petite Eglise à laquelle Faraday appartint et dont il devint le chef, professait une morale austère. Les sandemaniens, au nombre à peine de deux mille, ne se marient qu'entre eux et ne font jamais d'invitations à dîner ou à des fêtes mondaines. La confession publique, tant en dehors des mœurs modernes, est chez eux une pratique de rigueur, et je me souviens d'avoir demandé en vain à Faraday qu'il en dispensât un de ses cousins, habile opticien de Londres, excommunié pour un temps, et qui demandait à rentrer dans sa petite Eglise.

Faraday voulut un jour que je le présentasse au cardinal Wisemann, la principale illustration catholique de la religion, de la science et des lettres en Angleterre. L'entrevue des deux grands hommes fut très-cordiale, et son Eminence, elle aussi très-aimable et très-franche, ne craignit pas de demander à Faraday si, dans sa persuasion intime, il croyait toute

l'Eglise de Jésus-Christ, sainte, apostolique et catholique, renfermée dans la petite secte qu'il gouvernait. « Oh! non, répondit-il, mais je crois du fond de mon âme que Christ est avec nous. »

Que de traits touchants j'aurais à raconter, mais je m'arrête.

La dernière lettre que j'ai reçue de lui est datée du 20 avril 1863. Je venais de créer *les Mondes*; il me félicitait de mon courage, et s'excusait de ne pouvoir pas les lire assidûment, tant il souffrait de la perte de la mémoire et de l'exercice amoindri de ses facultés mentales. On me pardonnera de traduire littéralement les dernières lignes de cette bonne lettre.

« Je suis vraiment émerveillé de la grande vitalité d'esprit que vous manifestez. C'est à en devenir jaloux. Du moins les années, en m'enlevant une partie de la vie de mon esprit, ne m'ont pas fait oublier les grandes choses dont j'ai eu à être reconnaissant.

« Toujours, mon cher Moigno,

« Votre fidèle

« M. Faraday. »

Ces grandes choses, en ce qui me concerne, ce sont tout simplement mon dévouement au progrès des sciences et mon empressement à traduire, à vulgariser les beaux mémoires de Faraday, aussitôt qu'il me les avait envoyés.

Je me fais un devoir pour éclairer d'un meilleur jour quelques passages obscurs de cette brochure, pages 24 et 110, de reproduire ici un des articles de mon *Cosmos*, dont il me remercia le plus affectueusement: l'Analyse de ses recherches sur les lignes de force magnétique.

« L'illustre physicien anglais publie dans les *Philosophical Transactions* sa 30me série de recherches sur l'électricité : elle se termine au paragraphe 1299; chaque paragraphe a en moyenne 20 lignes; deux paragraphes forment une page

in-8°; cette longue suite de mémoires remplira donc déjà 1649 pages. Les traduire en français, les rendre parfaitement intelligibles, faire ressortir tout ce qu'elles contiennent de faits nouveaux, de théories certaines, d'hypothèses probables, ce serait rendre bien certainement à la science un immense service, mais ce serait aussi s'imposer un travail herculéen; les hommes très-rares, qui pourraient l'entreprendre, ne le voudront probablement pas. La dernière série est plus transcendante encore que toutes les autres; les faits avec lesquels on est le plus familiarisé ont pris un caractère d'abstraction théorique, qui déconcerte et effraye; ils sont d'ailleurs exprimés dans une langue toute nouvelle. Ce n'est pas un reproche que nous adressons, tant s'en faut! M. Faraday agit ainsi dans la conviction intime que la considérations des lignes de force, effrayante aujourd'hui, jettera un grand jour sur la cause inconnue, et la nature plus intime d'un grand nombre de phénomènes.

Tout ce que nous pouvons faire, c'est de poser nettement la question. M. Faraday part de ce fait que l'action des aimants s'exerce suivant les lignes courbes plus ou moins régulières, prenant leur origine au pôle magnétique, et constituant, dans l'espace qu'elles occupent, le champ magnétique. La distribution des petits filaments de fer doux jetés sur la feuille de papier qui recouvre un aimant, donne une idée assez exacte des lignes dont il s'agit. Elles ont une direction déterminée. L'action s'exerce tantôt dans un sens, tantôt dans un autre; et les forces qui en émanent sont constantes pour un aimant donné.

La présence et les propriétés des lignes de force magnétique sont mieux mises en évidence encore au moyen d'une petite aiguille aimantée qui se place toujours tangentiellement à la direction de la ligne. Mais M. Faraday a inventé un autre moyen d'étude qui fait l'objet de son avant-dernier mémoire; il consiste à faire usage d'un fil métallique mobile composé de trois parties, l'une axiale, partant de l'un des pôles de l'aimant et se prolongeant le long de l'aimant jusqu'à son milieu; la seconde radiale, partant perpendiculairement de la deuxième extrémité de la partie axiale et s'étendant sur toute la largeur de l'aimant; la troisième liée

à l'extrémité de la portion radiale, et revenant au premier point de départ de la partie axiale, après un circuit plus ou moins long. M. Faraday s'était arrangé de manière que ces trois parties du fil, recouvertes de soie et isolées, fussent mobiles ou pussent tourner séparément. La première devait lui indiquer la nature des lignes de force magnétique dans l'intérieur, le long de l'aimant; la seconde, la nature des lignes de force magnétique dans l'intérieur, perpendiculairement à l'aimant; la troisième, la nature des lignes de forec magnétique en dehors de l'aimant. Ces trois parties, en effet, en tournant et prenant toutes les positions possibles, devaient couper toutes les lignes de force magnétique; et comme les extrémités de l'ensemble étaient toujours en communication avec un galvanomètre très-sensible, on pouvait apprécier à chaque instant les effets d'induction. La présence ou l'absence des courants, leurs intensités mesurées par le galvanomètre, devenaient ainsi l'expression mathématique exacte des lignes de force.

Par ce mode d'expérimentation éminemment ingénieux, M. Faraday a reconnu : 1° que lorsque la partie extérieure du fil tourne autour de l'axe de l'aimant d'un certain nombre de degrés, dans une direction déterminée, la valeur totale du courant d'induction développé demeure la même, et indépendante soit de la rapidité plus ou moins grande du mouvement de rotation, soit de la distance, plus ou moins grande du fil à l'aimant, ou de ses écarts; 2° que si, la partie extérieure du fil demeurant fixe, on fait tourner la deuxième portion très-courte appelée radiale, on obtient un courant dont la direction est inverse de celle du courant obtenu dans le premier cas, alors même que les deux mouvements de révolution se feraient dans le même sens, qui a la même intensité que lui, lorsque les deux angles de rotation sont les mêmes, et qui de plus ne varie pas quand on fait tourner autour de l'axe soit l'aimant seul, soit l'aimant avec la partie radiale; 3° que si l'on fait tourner à la fois et du même nombre de degrés la partie externe et la portion radiale, il n'y a plus de déviation de l'aiguille, parce que les deux courants, qui se développent simultanément, sont égaux et contraires; 4° enfin, que si la partie radiale tourne

seule autour de l'axe, il y a absence totale de courant; elle n'agit donc que comme conducteur, rôle que la matière de l'aimant peut elle-même remplir, de sorte qu'on pourrait la supprimer et se contenter de faire aboutir le double fil externe et radial d'un côté au pôle, de l'autre au milieu de l'axe de l'aimant.

M. Faraday conclut de ces observations que la force magnétique a une valeur définie; que cette valeur reste la même pour les mêmes lignes de force magnétique, à quelque distance de l'aimant que soient situés les points où l'on coupe ces lignes ou le plan dans lequel on les coupe; que la convergence ou la divergence des lignes de force, ainsi que l'obliquité des intersections, n'a aucune influence sur leur pouvoir d'induction; que dans des champs égaux de force magnétique, la déviation est proportionnelle au temps ou à la vitesse du mouvement, ou au nombre de lignes de force rencontrées et coupées; que les lignes de force intérieures ont aussi une valeur définie parfaitement égale à celles des lignes extérieures, qui n'en sont que la continuation; que chaque ligne de force magnétique, à quelque distance qu'elle soit de l'aimant, est une courbe fermée, qui, en quelques points de son cours, traverse l'aimant, et vient y chercher ce que l'on peut appeler ses pôles; que le courant, ou la quantité d'électricité développée, est proportionnelle à la largeur et à l'épaisseur, en un mot, à la masse du fil qui rencontre, dans un temps donné, d'autant plus de lignes de force que cette masse est plus grande; que la nature du fil ne produit d'autre effet que celui qui résulte de sa plus ou moins grande conductibilité électrique; que la nature du milieu, dans lequel le fil se meut, air, alcool, eau, térébenthine, etc., n'exerce aucune influence sur les résultats.

En terminant, il pose cependant une question qui doit nous arrêter quelques instants. Les lignes de force magnétique ont-elles une existence physique?

Nous voyons que, en chacun de leurs points, la poussière de limaille de fer est attirée, que l'aiguille aimantée se dirige tangentiellement, qu'il y a courant d'induction produit dans le fil mobile; mais ne faut-il pas aller plus loin?

En outre de ces effets, n'y a-t-il pas quelque entité physique ou réelle? les lignes de force sont-elles seulement une série de points géométriques où l'action de l'aimant s'exerce d'une manière déterminée? A cette ligne géométrique et de pure abstraction ne faut-il pas substituer une ligne physique ou concrète? N'y a-t-il pas tension de la matière éthérée et des fluides magnétiques, etc., etc., une modification substantielle, en un mot, de quelque agent physique? M. Faraday se prononce résolûment pour l'affirmative. « Sans cela, dit-il, il y aurait effet sans cause, et je me verrais dans la nécessité de laisser complétement inexpliquée, sans lien d'ensemble, sans théorie, sans hypothèse, sans même supposition vague de leur origine, une foule de faits anciens et nouveaux. » Ainsi le grand physicien admet comme des réalités incontestables les lignes physiques de force : leur existence, il l'avoue, n'est pas encore invariablement démontrée pour tous, mais il espère la démontrer bientôt, et les mettre partout en évidence, dans l'électricité, la lumière, la chaleur, la pesanteur même, partout enfin où il y a action sur la matière en général. »

Nous regrettons bien vivement de ne pouvoir pas reproduire intégralement la leçon philosophique que Faraday fit à Royal Institution, le 27 février 1857, et dans laquelle, partant du principe de la conservation de la force, il met si bien en évidence l'impossibilité, comme force physique réelle, de l'attraction en raison inverse du carré de la distance.

Citons au moins ces quelques lignes. (*Cosmos*, tome X, p. 330.) « Admettons que deux particules A et B, situées dans l'espace libre, sont douées chacune ou toutes deux d'une force qui les fait graviter l'une vers l'autre, force qui, lorsque la distance vient à changer, varie en raison inverse du carré de cette distance. Dès lors, en prenant pour unité la force exercée à la distance 10, la force à la distance 1, ou à une distance dix fois plus petite que la distance primitive, sera 100. Si maintenant nous supposons que pour mesurer la force attractive nous introduisons un ressort élastique entre les deux particules, la compression exercée

sur le ressort sera, dans le second cas, le cas de la distance 1, cent fois plus grande que dans le premier cas de la distance 10. Mais d'où peut donc provenir cet accroissement énorme de puissance? Si vous dites que c'est là précisément le caractère de la gravitation, d'augmenter quand la distance diminue, et que vous vous contentiez de cette réponse, la regardant comme suffisante, je dirai, moi, que c'est tout simplement admettre une création de force ou puissance nouvelle, dans une proportion énorme; et cela, par un changement de condition si minime et si élémentaire, que même l'esprit le moins exercé ne pourra y voir la cause suffisante de cette création : c'est attribuer à un changement insignifiant la production d'un résultat que notre esprit nous montre comparable à ce que peut produire sur la matière l'exercice du pouvoir infini ou créateur; c'est en même temps nier la loi que notre intelligence nous présente comme devant dominer tous les phénomènes des sciences physiques, la *Conservation de la force*. Réciproquement, si les particules rapprochées à la distance 1, reviennent à la distance 10, la force d'attraction ne sera plus que le centième de ce qu'elle était, et ce serait cette fois une véritable annihilation de la force, résultat tout aussi étrange que le premier, infini comme lui dans son essence et dans ses conséquences, en ce sens qu'il affirme, d'un simple déplacement dans l'espace, une puissance qui n'appartient qu'à celui qui a créé la force. »

M. l'abbé Raillard et M. Auguste Guiot m'ont aidé dans ce travail de traduction en l'ébauchant; je les remercie de leur collaboration.

Je dois aussi des remerciements à M. Jamin, le célèbre physicien et professeur de la Sorbonne. M. Tyndall, son intime ami, lui avait recommandé ce petit volume comme celle de ses œuvres à laquelle il tenait le plus. M. Jamin n'a pas cru pouvoir mieux assurer le succès de l'édition française qu'en me la confiant.

Paris, ce 20 août 1868.

F. MOIGNO.

FARADAY INVENTEUR

I

Naissance et famille de Faraday. — Entrée à l'Institution royale. — Ses premières expériences. — Son premier mémoire à la Société royale. — Son mariage.

On a exprimé le désir que le portrait de Faraday, considéré comme chercheur et inventeur scientifique, fût offert aux habitués de l'Institution royale et au monde savant. Répondre à ce désir a été pour moi un travail difficile, mais aussi un travail aimé. Quelque familières que me soient, en effet, les recherches et les découvertes de ce grand maître, quelque nombreuses que soient pour moi les preuves palpables de l'élévation de son caractère et de la splendeur de sa vie,— faire de lui et de ses travaux un tableau d'ensemble, saisir les idées qui le guidaient et en retrouver l'enchaînement, pénétrer dans cette intelligence à la fois si forte et si active, y lire l'énigme du monde, c'est là une tâche ardue et presque im-

possible au milieu des préoccupations inhérentes à des devoirs d'une tout autre nature. Que je dusse avoir, un jour ou l'autre, à vous parler de Faraday et de son œuvre, c'était tout naturel, sinon absolument inévitable; mais je ne m'attendais pas à être appelé à vous en entretenir si tôt. La simple observation, cependant, que le moment actuel était opportun pour aborder cette étude si délicate, m'a décidé à me mettre immédiatement à l'œuvre; j'arrive avec la moisson que j'ai pu faire, et aussi avec le désir ardent que les résultats auxquels je suis parvenu soient à la hauteur de ma grande entreprise.

Il n'entre point dans mes intentions de vous raconter *la vie* de Faraday dans l'acception ordinaire de ce mot. Ce que je veux, c'est vous donner une idée de ce qu'il a fait, en insistant à l'occasion sur l'esprit qui a présidé à ses travaux, en rappelant les anecdotes personnelles nécessaires à l'achèvement du portrait du physicien, mais insuffisantes, hélas! à vous peindre l'homme.

Les journaux vous ont appris que Michel Faraday était né à Newington Butts, le 22 septembre 1791, et qu'il s'est endormi du sommeil du juste à Hampton Court le 25 août 1867. Croyant, comme je le fais, que la doctrine de la transmission héréditaire est généralement vraie, — partageant, avec M. Carlysle, l'opinion qu'un homme réellement apable n'est jamais né de parents sans intelligence, — j'ai mis à profit un jour mon intimité avec Faraday pour lui demander si ses ayeux avaient donné quelques preuves d'une capacité plus qu'ordinaire. Il ne put m'en citer aucune. Son père avait été, je crois, très-souffrant pendant les dernières années de sa vie, et cet état de faiblesse a pu masquer ses facultés intellectuelles. En 1804, Faraday, alors âgé de quatorze ans, fut mis en apprentissage chez un libraire-relieur de Blandford-street (Man-

chester-square). Il y passa huit ans de sa vie, puis il alla travailler en journée ailleurs.

Vous savez aussi comment Faraday fut mis en contact pour la première fois avec l'Institution royale; qu'il fut conduit par un de ses membres aux dernières leçons de sir Humphry Davy; qu'il y prit des notes, les mit au net et les envoya à Davy, le suppliant de le mettre en état de quitter l'industrie, qu'il détestait, et de se consacrer à la science, qu'il chérissait. Davy daigna tendre la main au jeune ouvrier, et ce souvenir doit se perpétuer à jamais; il écrivit tout aussitôt à Faraday, et, dès que l'occasion s'en présenta, il le fit aide de son laboratoire (1). Je dois à l'obligeance de M. Gassiot les lignes suivantes, dans lesquelles il raconte un souvenir qui date de cette époque.

« Commune de Clapham Surrey, 28 novembre 1867.

« Mon cher Tyndall,

« Sir H. Davy avait l'habitude de s'arrêter chez feu M. Pepys, dans la Poultry, lorsqu'il allait à l'Institution de Londres, dont Pepys fut un des premiers administrateurs. Or, ce dernier m'a raconté qu'un jour Davy, lui montrant une lettre qu'il

(1) Voici comment Davy recommande Faraday au conseil de l'Institution royale, dans la séance du 18 mars 1813, présidée par M. Charles Hatchett :

« Sir Humphry Davy a l'honneur d'informer messieurs les directeurs qu'il a trouvé une personne désireuse de remplir la place occupée par William Payne. Son nom est Michel Faraday. C'est un jeune homme de vingt-deux ans. Autant que sir H. Davy a pu en juger, il semble apte à remplir cette place. Ses habitudes paraissent bonnes, son naturel actif et alerte, ses manières fort intelligentes. Il est prêt à s'engager aux conditions faites à M. Payne au moment où il a quitté l'Institution. »

Résolution : Michel Faraday sera engagé comme successeur de M. Payne et aux mêmes conditions.

tenait à la main, lui dit : « Pepys, que faut-il faire? voici une lettre d'un jeune homme appelé Faraday, qui a suivi mon cours et me demande une place à l'Institution royale. Dois-je le faire? » — « Faites, dit Pepys. Donnez-lui des bouteilles à rincer. S'il est bon à quelque chose, il s'y prêtera de bon cœur; s'il refuse, il n'est propre à rien. » — « Non, non, répliqua Davy, il faudra l'essayer à quelque chose de mieux que cela. » Le résultat fut que Davy l'engagea comme aide de laboratoire avec des gages hebdomadaires.

« Davy était à la fois professeur de chimie et chef du laboratoire. Il remit plus tard sa chaire entre les mains de feu M. le professeur Brande, mais il insista pour que Faraday fût nommé directeur du laboratoire; et Faraday m'a dit que cette insistance le mit à même plus tard de garder toujours à l'Institution une position indépendante et nettement définie, dans laquelle Davy l'a constamment soutenu. Je crois qu'il a gardé cette place jusqu'à la fin.

« Croyez-moi, mon cher Tyndall, votre tout dévoué

« J.-P. GASSIOT. »

D'une lettre écrite par Faraday lui-même, peu de temps après son engagement par Davy, j'extrais le récit suivant de son entrée à l'Institution royale :

« Londres, 13 septembre 1813.

« ...Quant à moi, je suis absent de mon domicile presque jour et nuit, c'est à peine si j'y fais une apparition de temps en temps; et il est probable que je le quitterai bientôt définitivement. C'est ce que je vais vous expliquer, n'ayant plus autre chose à dire, et pour répondre à la demande de ma mère. J'ai été d'abord libraire et relieur, je suis maintenant *philo-*

sophe (1), voici comment. Pendant mon apprentissage, j'ai cultivé un peu la chimie et quelques autres branches de la science ; puis j'ai senti un ardent désir de marcher désormais dans cette voie. Après avoir travaillé en journée six mois chez un patron maussade, j'ai quitté mon état et accepté les fonctions que je remplis actuellement, aide-chimiste à l'Institution royale de la Grande-Bretagne, grâce à l'intérêt que m'a témoigné sir H. Davy. Je suis ainsi toujours occupé à observer les œuvres de la nature et à reconnaître la manière dont elle dirige l'ordre et l'arrangement intime du monde. Dernièrement, sir H. Davy m'a proposé de l'accompagner dans ses voyages à travers l'Europe et l'Asie comme aide-physicien. Si cela se réalise, je partirai en octobre prochain, vers la fin du mois, et je resterai peut-être absent trois ans. Pour le moment, rien n'est encore arrêté. »

Ce récit est complété par la lettre suivante, que Faraday écrivit, lors de la mort de madame Marcet, à son ami M. de la Rive, qui a bien voulu m'en donner copie. Elle est datée du 2 septembre 1858.

« Mon cher ami,

« Votre nouvelle m'a attristé à tous les points de vue, car madame Marcet était pour moi une excellente amie, comme elle a dû l'être pour bien des humains. Entré chez un libraire-relieur à l'âge de treize ans, en 1804, j'y suis resté huit ans, et pendant presque tout ce temps, j'ai relié des livres. C'est dans ces livres, pendant mes heures de repos, que j'ai commencé mon apprentissage philosophique. Deux ouvrages

(1) Faraday aimait ce mot et s'en servit jusqu'à sa fin; la dénomination moderne de *physicist, physicien* lui répugnait absolument.

m'ont surtout aidé : l'*Encyclopédie britannique*, où j'ai puisé mes premières notions d'électricité, et les *Conversations sur la chimie*, de madame Marcet, qui m'ont initié à cette science de prédilection...

« N'allez pas croire que j'aie été un profond penseur ou un enfant précoce. J'avais l'imagination vive, aussi disposée à croire aux contes des *Mille et une nuits* qu'à l'*Encyclopédie*. Mais les faits avaient surtout pour moi de l'importance, et ils m'ont sauvé. Je savais les mettre à l'épreuve et soumettre les assertions des livres à un examen rigoureux. Ainsi, lorsque je contrôlais l'ouvrage de madame Marcet par quelques-unes de ces petites expériences que mes moyens me permettaient d'exécuter, et que je le trouvais conforme aux faits comme je les comprenais, je sentais que j'avais jeté l'ancre dans les connaissances chimiques, et je m'y cramponnais. De là ma profonde vénération pour madame Marcet, d'abord parce qu'elle m'avait procuré un grand bien, un grand plaisir personnel, et aussi parce qu'elle savait faire entrer dans de jeunes esprits incultes et désireux d'apprendre, la vérité et les principes du champ immense des connaissances naturelles.

« Vous pouvez vous figurer la joie que j'éprouvai quand il me fut donné de connaître personnellement madame Marcet; combien de fois, à son occasion, j'ai reporté ma pensée en arrière, ravi de rattacher le présent au passé; combien de fois, quand je lui envoyais un mémoire, en témoignage de ma reconnaissance, j'ai songé à ma première institutrice! ces doux souvenirs ne me quitteront jamais.

« J'en ai de semblables lorsque je songe *à votre père*; il a été, je puis le dire, le premier qui m'a encouragé et par là soutenu, d'abord personnellement, à Genève, puis par correspondance. »

Il y a douze ou quatorze ans, nous quittions un soir, Faraday et moi, l'Institution royale pour faire une visite dans Baker-street. Il prit mon bras à la porte, et le pressant contre lui de cette façon cordiale qui était sienne, il me dit : « Venez, Tyndall, je vais vous montrer quelque chose qui vous intéressera. » Nous marchâmes au nord, nous passâmes devant la maison de M. Babbage, elle nous rappela les si célèbres soirées de ce toit hospitalier ; nous arrivâmes dans Blandford-street, et, après avoir un moment cherché des yeux, Faraday s'arrêta devant la porte d'un papetier. Entré dans la boutique, je le vis, beaucoup plus animé qu'il ne l'était habituellement, parcourir d'un regard rapide tout ce qu'elle contenait. A l'entrée était une porte à travers laquelle on apercevait une petite chambre avec une fenêtre faisant face à Blandford-street. M'attirant alors à lui, il me dit vivement : « Regardez, Tyndall, j'ai relié des livres dans ce coin. » Une dame respectable était debout derrière le comptoir ; il avait parlé trop bas pour avoir été entendu d'elle ; mais, s'approchant du comptoir pour acheter quelques cartes de visite, afin de donner un prétexte à notre entrée, il demanda à la dame son nom, le nom de son dernier et celui de son avant-dernier prédécesseur. « Ce n'est pas encore ça, fit-il, avec une impatience de bonne humeur. Qui vous a encore précédée? » — « M. Riebau, » répondit-elle. Puis elle ajouta immédiatement, comme subitement saisie d'un souvenir : « C'est lui qui a été le maître de sir Charles Faraday. » — « Erreur, répondit-il, il n'est personne de ce nom. » Elle fut enchantée lorsque je lui dis le nom de son visiteur, et affirma que, dès qu'elle l'avait vu courir vers la porte de sa boutique, elle avait senti, sans pouvoir dire comment, que ce devait être « sir Charles Faraday. »

Faraday, comme vous le savez, avait accompagné Davy à Rome ; à son retour il fut de nouveau engagé par le conseil de

l'Institution, le 15 mai 1815. Il fit en chimie des progrès rapides, et bientôt Davy put lui confier des analyses faciles. A cette époque l'Institution publiait le *Quarterly Journal of Science*, recueil précurseur de nos *Proceedings* actuels. Le premier travail scientifique de Faraday parut dans ce journal en 1816. C'était l'analyse d'un échantillon de chaux caustique de Toscane, que la duchesse de Montrose avait envoyé à Davy. De 1816 à 1818, il publia diverses notes et de petits mémoires. Il fit en 1818 des expériences sur les *flammes sonores*. M. le professeur Auguste de la Rive, père de notre excellent de la Rive, avait étudié ces flammes et en avait donné une explication qui rendait compte d'une classe de sons découverts par lui. Faraday, à l'aide de quelques expériences simples et concluantes, démontra que cette explication était insuffisante. Réussir à corriger le travail d'un homme éminent, cela fait époque dans la vie d'un jeune savant; et, quand cette circonstance, comme dans le cas de Faraday, a pour effet de lui donner quelque confiance en lui-même, elle a nécessairement les plus heureuses conséquences. De 1818 à 1820, Faraday fit paraître de temps à autre des notes ou notices de moindre importance. Il apprenait alors, et ne produisait pas; il travaillait énergiquement pour son maître, il approvisionnait et fortifiait son esprit. Lorsqu'aux leçons de M. Brande il remplissait les fonctions de préparateur, c'était avec tant de calme, d'adresse et de modestie, qu'on disait alors de M. Brande qu'il *professait sur le velours*. En 1820, Faraday publia un mémoire de chimie *Sur deux nouvelles combinaisons du chlore et du carbone, et sur un nouveau composé d'iode, de carbone et d'hydrogène*. Ce mémoire, lu à la Société royale, le 21 décembre 1820, fut le premier qui eût l'honneur d'être inséré dans les *Transactions philosophiques*.

Le 12 juin 1821, il se maria et obtint la permission d'instal-

ler sa femme dans son logement de l'Institution royale. Ils ont vécu là ensemble pendant quarante-six ans, occupant l'appartement qui avait été successivement habité par Young, Davy et Brande. A l'époque de leur mariage, Mme Faraday avait vingt-deux ans, lui près de trente. Relativement à ce mariage, je me bornerai pour le moment à citer ces lignes, écrites de la main de Faraday sur la première page de son livre de diplômes; elles attirèrent mon regard, il y a quelques années, un jour que je me trouvais chez lui.

« 25 janvier 1847.

« Parmi ces souvenirs et ces événements mémorables, j'inscris la date de celui qui, comme source d'honneur et de bonheur, a surpassé de beaucoup tous les autres, nous nous sommes *mariés* le 12 juin 1821.

« M. FARADAY. »

Suit la copie de l'acte, en date du 21 mai 1821, qui lui accorde quelques chambres de plus, pour qu'il puisse recevoir sa femme à l'Institution royale. Un trait du caractère de Faraday, que j'ai eu souvent occasion de remarquer, doit trouver place dans cette introduction. Dans ses rapports avec sa femme, il y avait non-seulement de l'affection, mais quelque chose de chevaleresque.

II

Premières recherches de Faraday : Rotations magnétiques. — Liquéfaction des gaz. — Verres pesants. — Charles Anderson. — Travaux de physique.

Oersted découvrit, en 1820, l'action du courant voltaïque sur l'aiguille aimantée, et la splendide intelligence d'Ampère réussit immédiatement à ramener tous les phénomènes magnétiques connus à l'action réciproque de courants électriques. Ce sujet s'était emparé de tous les esprits; et, en Angleterre, le docteur Wollaston cherchait déjà le moyen de convertir la *déviation* de l'aiguille en une *rotation* continue autour du courant. Il espérait même qu'il serait possible d'obtenir l'effet inverse, ou de faire tourner un courant autour d'un aimant. Dans les premiers mois de 1821, Wollaston essaya de réaliser son idée en présence de sir H. Davy, dans le laboratoire de l'Institution royale. Cette circonstance venait à propos pour éveiller l'attention de Faraday. Il lut tout ce qu'il put sur la matière, et, dans les mois de juillet, d'août et de septembre, il rédigea une « histoire des progrès de l'électro-magnétisme, » qui parut dans les *Annales de philosophie* de Thomson. Un peu plus tard, il reprit la question des rotations magnétiques, et, le matin du jour de Noël 1821, il invita sa femme à venir voir la première révolution d'une aiguille aimantée autour d'un courant électrique. A l'occasion de son esquisse histo-

rique, il répéta toutes les expériences qui s'y trouvaient indiquées, et ce travail, joint aux recherches personnelles qu'il fit plus tard, le rendit pratiquement maître, en quelque sorte absolu, de tout ce que l'on savait en fait de courants voltaïques.

En 1821, il aborda aussi un sujet qui plus tard devait fixer son attention : la volatilisation du mercure à la température ordinaire. Immédiatement après, il fit, en collaboration avec avec M. Stodart, des expériences sur les alliages de l'acier. Il aimait dans la suite à offrir à ses amis des rasoirs fabriqués avec l'un des alliages qu'il avait découverts.

Dans les heures de loisir que ces occupations lui laissaient, Faraday se donnait toujours à lui-même des sujets de recherches. C'est ainsi que, dans le printemps de 1823, il commença, de sa propre inspiration, l'étude d'une substance que l'on avait longtemps prise pour du chlore solide, mais dans laquelle Davy avait reconnu en 1810 un hydrate de chlore, c'est-à-dire un composé de chlore et d'eau. Faraday le premier analysa cet hydrate et rédigea une note sur sa composition. Cette note fut lue par Davy, qui lui conseilla de chauffer son hydrate sous pression dans un tube de verre scellé. Il le fit. L'hydrate entra en fusion à la température du sang, le tube se remplit d'un gaz jaune, et l'on constata qu'il contenait deux liquides. Le docteur Paris entra par hasard dans le laboratoire pendant que Faraday était à l'œuvre. Ayant aperçu le liquide huileux dans le tube, il railla le jeune chimiste du peu de soin qu'il apportait à nettoyer ses verres. Quand Faraday lima le bout de son tube, le contenu fit explosion et la matière huileuse disparut. Le lendemin matin, le docteur Paris reçut ce petit mot (1) :

(1) Docteur Paris, *Vie de Davy*, p. 391.

« Cher Monsieur,

« Cette *huile* que vous avez vue hier était décidément du chlore liquide.

« Votre fidèle,

« M. FARADAY. »

Le gaz s'était liquéfié sous sa propre pression. Faraday essaya ensuite la compression par une pompe, et réussit encore à obtenir du chlore liquide.

Au compte rendu qui fut publié de cette expérience, Davy ajouta cette note. « En conseillant à M. Faraday de chauffer l'hydrate de chlore dans un tube fermé, je pensais qu'il arriverait de trois choses l'une : qu'il se liquéfierait à l'état d'hydrate, ou que l'eau serait décomposée, ou que le chlore se séparerait à l'état liquide. » Davy, en outre, appliqua immédiatement la méthode de la compression des gaz par eux-mêmes à la liquéfaction de l'acide chlorhydrique. Faraday poursuivit ses expériences et parvint à liquéfier un certain nombre de gaz que l'on avait rangés, jusqu'alors, parmi les gaz permanents. En 1844, il reprit ce travail et recula de beaucoup ses limites. Ces importantes recherches ont établi ce fait, que les gaz sont simplement les vapeurs de liquides ayant un point d'ébullition très-peu élevé; elles ont ainsi donné une base solide à nos vues sur l'agrégation moléculaire. Le résumé des premières recherches fut communiqué à la Sociéte Royale le 10 avril 1823, et publié, sous le nom de Faraday, dans les *Transactions philosophiques*. Le second mémoire fut adressé à la Société Royale le 19 décembre 1844. J'ajouterai que, pendant qu'il faisait ses premières expériences sur la liquéfaction des gaz, il reçut un jour dans l'œil treize éclats de verre, lancés par l'explosion d'un appareil.

Il faut ici mentionner quelques notes de peu d'étendue, entre autres cette observation, que le verre exposé au soleil change facilement de couleur. En 1825 et 1826, Faraday a publié dans les *Transactions philosophiques* des Mémoires *sur quelques nouvelles combinaisons du carbone et de l'hydrogène,* et *sur l'acide sulfo-naphthalique*. Dans le premier, il annonce la découverte du *benzol* ou benzine, qui, entre les mains des chimistes modernes, est devenu le point de départ des splendides couleurs d'aniline. A cette époque, il passait sans cesse de la chimie à la physique. En 1826, nous le trouvons engagé dans une recherche sur les limites de la vaporisation, démontrant, par des arguments solides et en apparence concluants, que, même dans le cas du mercure, cette limite existe : il était surtout convaincu que notre atmosphère ne contient pas de vapeurs des éléments fixes de l'écorce terrestre. Je dois dire qu'à mon avis cette question est encore à l'étude. Tout récemment, par exemple, M. Rankine a appelé l'attention sur l'odeur de certains métaux; d'où peut-elle venir, sinon d'une vapeur émanée du métal?

En 1825, Faraday devint membre d'une commission dont faisaient aussi partie sir John Herschel et Dollond; elle était chargée d'étudier et, s'il était possible, de perfectionner la fabrication des verres d'optique. Les expériences furent continuées jusqu'en 1829; et elles firent le sujet de la *lecture Backérienne* confiée à Faraday. On appelle ainsi la conférence fondée en 1774, par Henry Backer, habitant du Strand à Londres, qui a voulu que chaque année on fît à la Société Royale une lecture dont les honoraires devaient être de 100 francs. Mais, depuis longtemps, la lecture Backérienne a passé du domaine de la rétribution au domaine de l'honneur, car le conseil de la Société choisit toujours pour cette séance des mémoires de grande valeur. La première lecture Backé-

rienne de Faraday avait pour titre : *la Fabrication des verres d'optique* ; elle fut faite à la fin de 1829. C'est une description consciencieusement élaborée des procédés en usage, des précautions à prendre et des résultats obtenus ; les détails sont d'une si minutieuse exactitude, et le Mémoire, par conséquent, si long, que sa lecture occupa trois séances successives de la Société Royale (1). Le nouveau verre n'a pas reçu d'applications pratiques importantes, mais il devait devenir un jour le point de départ de deux des plus belles découvertes de Faraday (2).

Les expériences en question furent commencées à la verrerie de *Falcon*, chez MM. Green et Pellatt ; mais là, Faraday n'aurait pas pu les suivre convenablement. On lui fit donc construire, en 1827, un four dans la cour de l'Institution royale, et c'est à cette époque, pour se faire aider dans la direction du four, qu'il engagea le sergent d'artillerie Anderson, cet homme si respectable, si honnête et si digne d'une confiance absolue, dont la bonne figure est encore vivante dans nos souvenirs. Anderson resta pendant près de quarante ans

(1) Séances des 19 novembre, 3 et 10 décembre.

(2) Voici à ce sujet l'extrait d'une lettre que sir John Herschel m'a écrite de Collingwood, le 3 novembre 1867.

« Je profite de cette occasion pour rappeler que je crois avoir suggéré l'emploi du borate de plomb dans la fabrication du verre d'optique. Autant que je puis me souvenir, ce fut en 1822 que j'en parlai à sir James (alors M.) South. L'essai en fut fait dans son laboratoire de Blackman-Street ; on précipita et l'on traita une grande quantité de borate de plomb, on le fit fondre dans un moufle sur un disque de porcelaine. Il en résulta un verre très-limpide, quoique légèrement jaunâtre, avec un indice de réfraction égal à 1,866 ! (Vous le trouverez inscrit sur le tableau des indices de réfraction, qui fait partie de mon article *sur la Lumière* de l'*Encyclopédie métropolitaine*). Ce verre, toutefois, n'était pas assez dur pour les usages de l'optique. Faraday remédia à cet inconvénient, au moins dans un degré considérable, par l'introduction de la silice. »

l'aide respectueux de Faraday et le fidèle serviteur de l'Institution royale (1).

En 1831, Faraday publia un Mémoire sur une *classe particulière d'illusions d'optique*; c'est là qu'il faut, je crois, chercher l'origine du charmant jouet appelé *chromatrope*. La même année, il publia un travail sur les *surfaces vibrantes*, dans lequel il résolut un problème d'acoustique, d'une simplicité extrême quand on connaît la solution, mais qui avait défié la sagacité de plusieurs physiciens éminents. Il s'agissait d'expliquer pourquoi des corps légers, tels que la poudre de lycopode, se rassemblent sur les centres de vibration des plaques sonores, tandis que le sable va s'accumuler sur les nœuds. Faraday démontra que les corps légers restent engagés dans les petits tourbillons formés par l'air en contact avec les ventres, et dont le sable plus lourd sort seul en les traversant. Les ressources de Faraday, comme expérimentateur, étaient si admirables, et le plaisir qu'il trouvait à expérimenter était si grand, que parfois il allait peut-être trop loin dans cette direction. Je lui ai entendu dire que son Mémoire sur les plaques vibrantes était beaucoup trop chargé de détails d'expériences.

(1) En 1845, Faraday s'exprimait ainsi au sujet d'Anderson : « Je ne saurais résister au plaisir de citer, à cette occasion, le nom de M. Anderson, qui devint mon aide pour les essais de fabrication de verres, et qui, depuis cette époque, est resté attaché au laboratoire de l'Institution. Il m'a assisté dans toutes les recherches que j'ai entreprises depuis; je dois beaucoup à son assiduité, à son exactitude, à la fidélité avec laquelle il a sans cesse rempli tous les devoirs de sa charge. (*Recherches expérimentales*, vol. III, p. 3, note.)

III

Découverte de l'induction magnéto-électrique. — Explication du magnétisme de rotation d'Arago. — Induction magnéto-électrique de la terre. — L'extra-courant.

Les travaux que nous avons rappelés jusqu'ici, quoique assurément suffisants pour fonder une réputation scientifique plus qu'ordinaire, ne forment cependant, pour ainsi dire, que le vestibule du monument élevé par Faraday. Il est resté dix-huit ans enfermé dans ces murs (1). Dans les premières années, il s'était saturé des enseignements de Davy; le reste du temps, il consacra tous ses efforts à des recherches indépendantes. En 1831, nous le trouvons au maximum de sa force intellectuelle, âgé de quarante ans, riche de connaissances acquises, et plein de puissance créatrice. En lisant, en professant, en expérimentant, il s'était rendu la science de l'électricité entièrement familière; il voyait les parties qui appelaient encore la lumière, ou dans lesquelles on pouvait faire de nouvelles conquêtes.

Les phénomènes de l'induction électrique ordinaire étaient

(1) Il avait coutume de dire qu'il fallait à un physicien vingt ans de travail pour devenir un *homme;* avant ce terme, il devait se considérer comme un *enfant*.

encore, si l'on peut s'exprimer ainsi, à l'ABC de la science; on savait que, dans les circonstances ordinaires, la présence d'un corps électrisé suffit pour exciter, par induction, un corps qui ne l'est pas. On savait que le fil que traverse un courant est un corps électrisé, et aussi, que toutes les tentatives faites pour obtenir qu'un premier fil excité fît naître dans d'autres fils un état semblable au sien avaient échoué.

Mais quelle était la cause de cet échec? Il était impossible à Faraday de mettre en œuvre les expériences des autres, si clairement qu'elles eussent été décrites. Il savait d'ailleurs que de chaque expérience émane une sorte de radiation lumineuse à divers degrés pour les différents esprits, et il ne se serait jamais permis de raisonner sur une expérience qu'il n'aurait pas vue. Dans l'automne de 1831, il commença à répéter les expériences relatives aux courants électriques, qui, jusqu'à cette époque, n'avaient donné aucun résultat positif.

Il ne sera point inutile pour l'instruction des jeunes chercheurs, peut-être même pour celle de nous tous, de nous arrêter ici un moment à une faculté dont Faraday était doué à un degré extraordinaire. Il possédait à la fois et une grande force et une parfaite souplesse d'esprit. Son énergie était celle d'un fleuve qui unit à la puissance de la masse et de la vitesse acquise, la facilité de se plier aux inflexions de son lit. La concentration de sa vue dans une direction ne semblait diminuer en rien sa force de perception dans les autres directions, et lorsqu'il attaquait un sujet avec l'espoir d'obtenir certains résultats, il pouvait et savait tenir son esprit en éveil, de telle sorte que les résultats différents de ceux qu'il attendait ne pussent jamais lui échapper par préoccupation.

Il commença ses expériences *sur l'induction des courants électriques*, en composant une hélice de deux fils isolés, qu'il en-

roula parallèlement l'un au-dessus de l'autre sur un même cylindre de bois. Les extrémités de l'un de ses fils furent reliées aux deux pôles d'une pile de dix éléments, les extrémités de l'autre à un galvanomètre très sensible. Quand la communication avec la pile était établie et que le courant circulait, aucun effet n'était accusé par le galvanomètre. Faraday n'acceptait un résultat qu'après avoir épuisé sur lui toute la force de sa volonté. Il alla de 10 à 120 éléments, mais sans succès. Le courant coulait tranquillement dans le fil du circuit, sans produire pendant son écoulement aucune déviation de l'aiguille du galvanomètre.

Pendant son écoulement ! C'est dans cette période qu'on s'attendait à trouver l'effet cherché. Mais c'est ici que la puissance de vision latérale de Faraday, qui lui permettait d'observer en dehors de la ligne de mire, lui vint en aide : il remarqua que l'aiguille faisait un léger mouvement chaque fois qu'il fermait le circuit, qu'elle revenait ensuite à sa position d'équilibre et s'y maintenait tranquille, sans être influencée par le courant qui coulait. Mais, au moment où le circuit était rompu, l'aiguille se mouvait de nouveau, et cette fois dans une direction opposée à celle de la déviation observée dans la fermeture du circuit.

Ce résultat et d'autres semblables le conduisirent à la conclusion que le courant de la pile à travers le premier fil devait faire naître dans le second fil un courant semblable, mais que ce courant ne durait qu'un instant et ressemblait plus dans sa nature à l'onde électrique émanée d'une bouteille de Leyde ordinaire qu'au courant de la pile. Les courants instantanés ainsi engendrés ont reçu le nom de *courants induits*, le courant qui les engendre s'appelle *courant inducteur*. Il fut immédiatement démontré que le courant excité à la fermeture du circuit est toujours de sens opposé à celui du courant qui

l'engendre, tandis que le courant à la rupture du circuit est de même sens que le courant inducteur. Tout semble se passer comme si le courant, dans son premier bond à travers le fil primaire, cherche sa proie dans le fil secondaire, et, par une sorte de coup de pied, lance en arrière dans ce second fil une onde électrique, qui cesse dès que le courant primaire est complètement établi.

Faraday resta quelque temps persuadé que le fil secondaire, quoique calme ou sans action pendant le passage du courant primaire, n'était cependant pas dans son état naturel, puisque son retour à cet état s'annonçait par le courant observé à la rupture du circuit. Il appela cet état hypothétique du fil l'état *électro-tonique*. Il abandonna plus tard cette hypothèse, mais pour y revenir, ce semble, à la fin de sa vie. L'expression *électro-tonique* est encore employée par M. du Boys-Raymond pour désigner une certaine condition électrique des nerfs; M. le professeur Clerk Maxwell a très-habilement défini et démontré l'hypothèse de Faraday dans le 10e volume des *Transactions de la Société philosophique de Cambridge.*

Faraday constata ensuite qu'il suffit d'approcher un fil arrondi suivant une courbe fermée, d'un autre fil dans lequel coule un courant électrique, pour faire naître dans le fil neutre un courant induit de sens opposé à celui du courant inducteur. L'éloignement du premier fil engendrerait au contraire un courant de même sens que le courant inducteur; ces courants n'existent qu'à l'instant de l'approche ou de l'éloignement; et, tant que le fil primaire ou le fil secondaire ne sont pas en mouvement, il ne peut naître aucun courant induit, quelque près qu'ils soient l'un de l'autre. On a dit que Faraday procédait essentiellement par induction. Je crains bien que sous ces mots induction et déduction, dont on abuse tant en Angleterre, il n'y ait un véritable malentendu. Les uns

se déclarent partisans de l'induction, les autres de la déduction; ils semblent ignorer que la vocation du véritable physicien, comme Faraday, est d'unir toutes les deux, induction et déduction, analyse et synthèse, dans un mariage incessant. Il avait à cette époque l'esprit rempli de la théorie d'Ampère, et l'on ne saurait douter qu'un grand nombre de ses expériences n'aient eu pour but unique de rattacher ses déductions à cette théorie. Partant de la découverte d'Oersted, le célèbre physicien français avait montré que tous les phénomènes magnétiques alors connus pouvaient être ramenés aux attractions et répulsions mutuelles de courants électriques. On avait réussi à produire du magnétisme avec l'électricité, et Faraday, qui toute sa vie a cru fermement à la doctrine des forces réciproques, action et réaction, entreprit alors de convertir le magnétisme en électricité. Autour d'un anneau de fer soudé, il enroula deux hélices de fil isolé de manière que chacune occupât la moitié de l'anneau; les extrémités de l'un des fils étaient mises en rapport avec un galvanomètre. Il trouva qu'au moment où l'anneau était aimanté par un courant lancé dans l'autre fil, l'aiguille du galvanomètre faisait quatre ou cinq tours sur elle-même; l'effet produit était encore celui d'une impulsion instantanée. Interrompait-on le courant, l'aiguille faisait quelques tours en sens contraire. Ces effets n'avaient lieu qu'à l'instant de l'aimantation et de la désaimantation. Les courants induits accusaient seulement un changement d'état; ils s'évanouissaient dès que l'acte de l'aimantation ou de la désaimantation était accompli.

Les effets obtenus avec l'anneau soudé le furent aussi avec des barreaux droits de fer. Que ces barreaux fussent aimantés par un courant ou par le contact d'un aimant permanent, les courants induits naissaient toujours de l'excitation ou de la cessation de l'aimantation. Faraday abandonna alors le fer

et obtint les mêmes effets en introduisant simplement un aimant permanent dans une bobine. L'entrée de l'aimant était accompagnée d'un jet d'électricité à travers le fil de la bobine, la sortie de l'aimant donnait lieu à un jet de sens contraire. La précision avec laquelle Faraday décrit ces résultats et la netteté avec laquelle il assigne aux faits leur portée, sont vraiment admirables. Ainsi, l'aimant ne doit pas occuper toute la longueur de la bobine, mais seulement une moitié; car, dès qu'il dépasse le milieu, l'aiguille s'arrête brusquement comme par un choc, et Faraday vit bientôt que ce choc a pour cause le renversement du courant dans l'hélice. Il opéra ensuite avec le puissant aimant permanent de la Société royale, et reproduisit ainsi, mais dans un degré plus grand d'exaltation, les phénomènes que nous venons de décrire.

Fort des lumières acquises par ces découvertes, il entreprit alors d'éclairer de quelque jour les phénomènes physiques les plus mystérieux de cette époque. Arago avait découvert en 1834 qu'un disque de métal non magnétique avait le pouvoir d'éteindre rapidement les oscillations d'une aiguille aimantée suspendue au-dessus de lui, et que, mis en rotation, ce disque entraînait l'aiguille avec lui. Quand le disque et l'aiguille étaient en repos, il n'y avait aucune trace sensible d'attraction ni de répulsion mutuelles; mais le disque en mouvement entraînait dans sa rotation, non-seulement une aiguille légère, mais encore un lourd aimant. Ces faits avaient été démontrés et discutés avec une intelligence admirable par Arago et Ampère. Poisson avait publié sur cette question un grand mémoire théorique, mais on n'avait pas pu assigner de cause à cet effet si extraordinaire. Ces faits furent également étudiés en Angleterre par deux hommes célèbres, M. Babbage et sir John Herschel, mais ils ne cessèrent pas d'être un mystère. Faraday, dans les cas douteux, recommandait toujours

de suspendre son jugement. « J'ai beaucoup admiré, disait-il, la prudence et la réserve philosophiques dont M. Arago a fait preuve en résistant à la tentation de donner une théorie du phénomène découvert par lui, tant qu'il n'en trouva pas une qui fût parfaite dans son application, et en refusant d'admettre les théories insuffisantes des autres. » Mais le temps était venu de donner cette théorie. Faraday voyait intuitivement le disque en rotation sous l'action de l'aimant, parcouru par ses courants induits, et des lois connues de l'action réciproque des courants et des aimants il espérait déduire le mouvement constaté par Arago. Il réalisa cette espérance en montrant par une expérience directe que le disque en mouvement était de fait parcouru par des courants de direction telle que, d'après les lois établies de l'action électro-magnétique, ils dévaient produire la rotation observée.

Après avoir placé le bord de son disque entre les pôles du grand aimant en fer à cheval de la Société royale, et relié l'axe et le bord aux deux extrémités du fil d'un galvanomètre, il obtint pendant qu'on faisait tourner le disque un flux continu d'électricité. La direction du courant dépendait de celle de la rotation, elle était renversée lorsqu'on tournait en sens contraire. Faraday établit ensuite la loi qui préside à la production des courants dans les disques et les fils, et se servit à cette occasion pour la première fois d'une expression devenue plus tard très-célèbre. On sait que, si on projette de la limaille sur un aimant, les particules de limaille se disposent suivant certaines lignes déterminées que l'on appelle courbes ou fantômes magnétiques. En 1831, Faraday appliqua pour la première fois à ces courbes la dénomination de *lignes de force magnétique*, et fit voir que, pour produire les courants induits, l'approche ou l'éloignement de la source du centre ou du pôle magnétique n'étaient pas absolument nécessaires; qu'il

fallait seulement couper ou traverser d'une certaine manière les lignes de force magnétique. Le premier mémoire de Faraday sur l'induction magnéto-électrique, que j'ai ici essayé de résumer, a été lu à la Société royale le 24 novembre 1831.

Le 12 janvier 1832, il communiquait à la Société royale, sur *l'induction magnéto-électrique par la terre,* un second mémoire, qui fut choisi pour la lecture Bakérienne de cette même année. Il plaçait un barreau de fer dans une hélice, et, en donnant à cette hélice la direction de l'aiguille d'inclinaison, il voyait naître un courant dans le fil. Lorsqu'il renversait le barreau, il obtenait un courant de sens contraire. Il produisait le même effet, quand, maintenant l'hélice dans la direction de l'aiguille d'inclinaison, il y introduisait un barreau aimanté.

Ici cependant, la terre agissait sur la bobine par l'intermédiaire du barreau de fer. Faraday mit de côté le barreau et se contenta de faire tourner un disque de cuivre dans un plan horizontal; il savait que les lignes de force de la terre traversaient alors la plaque sous un angle d'environ 70 deg. Quand la plaque tournait, elle coupait les lignes de force magnétique, et on voyait naître des courants induits qui produisaient leur effet ordinaire, lorsqu'on les faisait passer de la plaque au galvanomètre. Quand la plaque était dans le méridien magnétique ou dans l'un quelconque des plans passant par la ligne d'inclinaison, sa rotation était sans effet sur le galvanomètre.

Sur l'invitation d'un esprit fécond en idées profondes et heureuses, sir John Herschel et M. Barlow de Woolwich, avaient expérimenté les effets produits par la rotation d'une sphère creuse en fer. M. Christie avait fait de son côté une belle série d'expériences, avec un disque de fer tournant. Tous deux avaient constaté que, dans sa rotation, le corps exerçait sur l'aiguille

aimantée une action particulière, qu'ils lui imprimaient alors une déviation différente de celle qu'ils produisaient au repos. Mais ni l'un ni l'autre ne soupçonnaient à cette époque l'agent de cette déviation extraordinaire. Ils l'attribuaient à quelque changement dans le magnétisme de la sphère ou du disque de fer. Faraday aperçut de suite qu'il s'agissait encore ici de courants induits, et il n'eut pas de peine à les obtenir du disque de fer. De plus, avec une sphère creuse en laiton, il reproduisit les effets observés par M. Barlow. Le fer n'était nullement nécessaire; la seule condition essentielle du succès était, que le corps mis en mouvement fût de nature à admettre la formation de courants dans sa substance; en d'autres termes, qu'il fût conducteur de l'électricité. Plus la conductibilité était grande, et plus les courants étaient abondants ou intenses. Faraday passa ensuite de son petit globe en laiton au globe terrestre. Il joua avec le magnétisme de la terre, comme un magicien avec ses muscades. Il vit les lignes invisibles le long desquelles s'exerçait l'action magnétique de la terre, et, les coupant avec sa baguette, il força cette nouvelle puissance d'obéir à son évocation. Entourant une aiguille aimantée d'une simple ganse de fil, il incline la partie supérieure de la ganse vers l'ouest, et aussitôt le pôle nord de l'aiguille se détourne vers l'est; il incline la ganse vers l'est, et le pôle de l'aiguille marche vers l'ouest. Il suspendit un barreau aimanté ordinaire dans une position verticale, et le fit tourner autour de son axe; le pôle du barreau étant en communication avec l'une des extrémités d'un fil galvanométrique, et l'équateur du barreau avec l'autre extrémité, un flux d'électricité s'élança de l'aimant et circula autour du galvanomètre. Faraday remarqua la singulière indépendance entre le magnétisme du corps et l'aimant qui le développe. L'acier se comporte comme s'il était isolé de son propre magnétisme.

Et alors ses idées s'agrandissent subitement. Il se demande si la terre ne donne pas naissance à des courants induits, en tournant de l'ouest à l'est autour de son axe. Dans son expérience avec l'aimant tournant, le fil du galvanomètre restait en repos; une partie du circuit était par rapport à l'autre dans un état *de mouvement relatif*. Mais, dans le cas de la planète animée d'un mouvement de révolution, le fil du galvanomètre serait nécessairement entraîné avec la terre; il n'y aurait plus de mouvement relatif. Qu'en résulterait-t-il ? Prenons le cas d'un fil télégraphique avec ses deux plaques terminales, plongées dans la terre, et supposons que le fil soit dans le plan du méridien magnétique. Le sol au-dessous du fil est influencé comme le fil lui-même par la rotation de la terre; si un courant allant du sud au nord est engendré dans le fil, un courant semblable du sud au nord sera engendré dans la terre sous le fil; ces courants se rencontreront en sens contraires dans la même plaque terminale et se neutraliseront l'un l'autre.

Cette conséquence parait inévitable, mais l'esprit pénétrant de Faraday lui a fait deviner qu'elle peut ne pas être vraie. Il vit qu'il était au moins possible que la différence de conductibilité entre la terre et le fil donnât à celui-ci un avantage sur l'autre, et qu'on pourrait obtenir ainsi un courant résultant ou différentiel. Il combina des fils de substances différentes et les fit agir en opposition les uns avec les autres, mais toujours leur combinaison fut inefficace. L'écoulement plus abondant dans le meilleur conducteur était exactement contre-balancé par la résistance du plus mauvais. Cependant, malgré tout ce que cette expérience a de concluant, il voulut, pour n'avoir rien à se reprocher, opérer sur la terre elle-même. Il alla sur les bords du lac près de *Kensington Palace*; il étendit à travers le lac, du nord au sud, un fil de cuivre de 480 pieds; souda

des plaques aux extrémités du fil et les plongea dans l'eau. Le fil de cuivre était coupé en son milieu, et les extrémités séparées communiquaient avec un galvanomètre. On ne vit se produire aucun effet. Mais, alors que l'eau au repos est sans effet, l'eau en mouvement pourrait agir. Il institua de nouvelles expériences au pont de Londres durant trois jours, opérant tour à tour avec le flux et le reflux, mais sans aucun résultat satisfaisant. Il n'était pas encore vaincu! C'est, se disait-il, une conséquence nécessaire de la théorie, qu'il doit se former des courants électriques partout où l'eau est en mouvement. Si l'on imagine une ligne allant de Douvres à Calais par la mer, et revenant à Douvres par la terre au dessous de l'eau, cette ligne formera un circuit de matière conductrice, dont une partie coupera les courbes magnétiques de la terre quand l'eau s'élèvera ou s'abaissera dans le canal, tandis que l'autre partie sera relativement en repos... Il y a tout lieu de croire que des courants suivront la direction générale de ce circuit, soit dans un sens, soit dans l'autre, suivant que l'eau montera ou descendra dans le canal. » Ceci était écrit avant que l'on pensât au câble sous-marin, et Faraday m'apprit un jour que l'observation faite sur ce câble s'était trouvée d'accord avec cette déduction théorique (1).

(1) Je dois à un ami la délicieuse anecdote que voici : « Peu de temps après la publication des premières recherches de Faraday sur l'induction magnéto-électrique, il assistait à la réunion de l'Association britannique, à Oxford, en 1832. Profitant de l'occasion, quelques savants lui demandèrent de répéter la célèbre expérience dans laquelle il tirait une étincelle d'un aimant, au moyen du grand aimant du musée Ashmoléen. Il y consentit, et une grande partie de l'assemblée fut témoin de l'expérience; je n'ai pas besoin de dire qu'elle réussit parfaitement. A ce moment, un dignitaire de l'Université entra dans la salle, et, s'adressant au professeur Daniell, qui était près de Faraday, il lui demanda ce que l'on faisait. Le professeur lui expliqua aussi simplement que possible ce ré-

Trois ans après la publication de ces recherches, c'est-à dire le 29 janvier 1835, Faraday lut devant la Société Royale un Mémoire « Sur l'influence qu'un courant électrique exerce sur lui-même par induction. » Un choc et une étincelle d'un caractère tout particulier avaient été observés par un jeune homme appelé William Jenkin, qui promettait de devenir un habile physicien, mais à qui son père, comme Faraday me l'apprit un jour, conseilla fortement de n'avoir rien à démêler avec la science. L'examen du fait signalé par M. Jenkin conduisit Faraday à la découverte de l'*extra-courant* ou du *courant induit* au sein du fil primaire lui-même, à l'instant de la fermeture ou de la rupture du contact, « phénomènes qu'il a décrits et démontrés dans le beau Mémoire que je viens de citer, et où il a si parfaitement épuisé son sujet. »

Trente-sept années se sont écoulées depuis la découverte de l'électricité par induction magnétique ou magnéto-électricité; mais, à l'exception de l'*extra-courant*, rien d'important, jusqu'à ce jour, n'a été ajouté à cette branche de la science. Faraday était d'avis que celui qui découvrait une grande loi ou un grand principe avait droit aux « dépouilles, » c'était son

sultat frappant de la découverte de Faraday. Le doyen écouta avec attention et regarda avec empressement les brillantes étincelles; mais, un moment après, il prit une contenance sérieuse et, branlant la tête : « J'en suis fâché, » dit-il en s'en allant. Arrivé au milieu de la salle, il s'arrêta un instant et répéta : « J'en suis fâché; » puis, s'avançant vers la porte, et tenant déjà le bouton à la main, il se retourna en s'écriant encore : « *Vraiment, j'en suis fâché!* c'est mettre des armes nouvelles aux mains des incendiaires. » Ceci se passait peu de temps après que les journaux avaient retenti des exploits des brûleurs de meules de foin. Une reproduction erronée des paroles sorties de la bouche du vénérable doyen parut à cette époque dans un des journaux d'Oxford. On l'accusait à tort d'avoir dit : « C'est mettre des armes nouvelles aux mains des infidèles. »

expression, c'est-à-dire à tout ce qui peut provenir de ses démonstrations. Guidé par le principe qu'il avait découvert et aidé de ses dix doigts, merveilleusement habiles, son puissant esprit fit, en un seul automne, la conquête de ce vaste domaine, et laissa à peine après lui quelques bribes de faits que ses successeurs pussent recueillir.

Mais une question a pu naître dans quelques esprits : A quoi sert tout cela ? La réponse est que, si la nature de l'intelligence humaine a soif de science, la science dès lors est utile puisqu'elle éteint cette soif. Si l'on demande le but pratique, on devra, ce me semble, étendre la définition du mot pratique, et faire en sorte qu'elle comprenne tout ce qui élève et éclaire l'intelligence, aussi bien que ce qui concourt à la santé et au confort de l'homme. Mais, si tant est que cela soit nécessaire, on peut donner une réponse d'un autre genre à la terrible question : « A quoi bon ? » Vous avez remarqué les lignes de fils qui se croisent à travers les rues de Londres. Ce sont les courants de Faraday qui s'élancent d'un lieu à l'autre à travers ces fils. Arrivé en vue de la pointe de Dungeness, le marin voit une lumière d'un éclat extraordinaire, et, du sommet des nobles *phares* de la Hève, cette même lumière s'élance au loin sur les eaux. Ce sont les étincelles de Faraday, exaltées par un mécanisme approprié, au point de rivaliser avec la lumière du soleil. En ce moment le Board of Trade et les frères de Trinity House, aussi bien que les membres de la commission des phares d'Ecosse, sont sur le point d'installer la lumière magnéto-électrique sur des points nombreux de nos côtes; et les générations futures n'auront qu'à montrer ces étoiles, guides providentiels des marins, pour répondre à cette malencontreuse question : « à quoi ont servi pratiquement les travaux de Faraday ? » Mais je pourrais répéter encore dans ma conviction profonde que ses tra-

vaux n'ont pas besoin d'une pareille justification; et que, si son intelligence s'était laissé troubler par ces considérations de l'utilité pratique de ses découvertes, ses découvertes n'auraient pas été faites. « J'ai été plutôt, » écrivait-il en 1831, « désireux de découvrir de nouveaux faits et de nouvelles relations de l'induction magnéto-électrique, que de donner une plus grande valeur aux faits et aux rapports que j'avais déjà mis au jour; car j'étais certain que leur développement ultérieur ne se ferait pas longtemps attendre. »

En 1817, dans une leçon sur le chlore, fait à Londres au sein d'une société particulière, Faraday s'est exprimé ainsi relativement à l'éternelle question d'utilité pratique : « Avant de quitter ce sujet, je rappellerai l'histoire de cette substance pour servir de réponse à ceux qui ont l'habitude de dire à chaque fait nouveau : « A quoi servira-t-il? » Le docteur Franklin leur disait déjà : « A quoi sert un enfant? » La réponse de l'expérimentateur est : « Efforcez-vous de le rendre utile. » Lorsque Scheele découvrit cette substance, elle était sans usages; c'était son enfance et sa période d'inutilité; maintenant qu'elle est arrivée à l'âge mûr, témoins de sa puissance, nous sommes étonnés des efforts qu'on a faits pour la rendre utile. »

IV

Traits de caractère.

Nous touchons à un point qui nous donnera un haute idée du caractère de Faraday. Il avait exposé sa découverte de la magnéto-électricité dans une lettre à son ami M. Hachette, de Paris, qui la commuuiqua à l'Académie des sciences. La lettre fut traduite et publiée. Aussitôt après, deux physiciens italiens distingués s'emparèrent du sujet, firent de nombreuses expériences et publièrent leurs résultats avant que les Mémoires complets de Faraday eussent été livrés à la publicité. Il en fut naturellement irrité. Il fit réimprimer le Mémoire des savants italiens dans le *Philosophical Magazine*, en l'accompagnant de remarques critiques très-vives. Il écrivit à Gay-Lussac, un des directeurs des *Annales de chimie et de physique*, à la date du 1er décembre 1832, une lettre dans laquelle il analysait les résultats des savants italiens, signalant leurs erreurs, et se défendant contre ce qu'il regardait comme une offense à son caractère. Le style de cette lettre est irréprochable, Faraday ne pouvait écrire autrement qu'en gentleman ; mais la lettre prouve que, s'il l'avait voulu, il aurait frappé de rudes coups. On a beauconp parlé de l'amabilité, de la douceur, de la tendresse de Faraday. Tout cela est vrai,

mais ce n'est pas tout. On ne peut résoudre une puissante nature en ses éléments, et le caractère de Faraday eût été moins admirable s'il avait manqué de cette vigueur et de cet élan que les adjectifs si doux d'*aimable* et de *tendre* ne rappellent en aucune façon. Sous sa douceur et sa bienveillance, il y avait la chaleur d'un volcan. C'était un homme d'une nature excitable et ardente; mais, par le généreux empire qu'il exerça sur lui-même, il avait su changer ce feu dévorant en un foyer de chaleur et de puissance vitale, au lieu de lui permettre de se consumer lui-même dans l'exercice de passions sans but et sans fruits. « Celui qui est lent à se mettre en colère, » dit le sage, « est plus grand qu'un potentat; l'homme qui est maître de son esprit l'emporte sur celui qui prend une ville d'assaut. » Faraday n'était pas lent à se mettre en colère, mais il s'était rendu complétement maître de son esprit, et s'il n'a pas pris de villes, il a su captiver tous les cœurs.

Comme il a déjà été dit, Faraday publia dans le « *Quaterly Journal of Science* » beaucoup de ses mémoires moins importants, y compris sa première analyse de la chaux caustique. En 1832, il réunit ensemble ces mémoires et d'autres encore en un petit volume in-octavo, sous ce titre et avec cette petite préface :

« MÉMOIRES, NOTES, NOTICES, etc., etc.,

PUBLIÉS IN-OCTAVO

jusqu'en 1832.

M. FARADAY »

« Mémoires publiés par moi, in-octavo dans le *Quaterly Journal of Science* et ailleurs, depuis l'époque où Sir H. Davy m'encouragea à écrire l'analyse de la chaux caustique.

« Quelques-uns, je pense, à leur date, étaient bons, d'autres passables et quelques autres mauvais. Mais je les ai mis *tous* dans le volume, à cause de l'utilité qu'ils ont eue pour moi. — les mauvais plus encore que les autres — m'indiquant pour l'avenir, à chaque fois que je les relisais, les défauts sur lesquels j'avais à veiller pour les éviter.

« Car je n'ai jamais relu un de mes mémoires un an après qu'il avait été écrit, sans avoir la conviction qu'il aurait pu être beaucoup mieux fait et pour le fond et pour la forme. J'espère que ce recueil me sera encore d'une grande utilité.

« 18 août 1832. » « M. FARADAY »

« Les mauvais plus encore que les bons! » Voilà un trait caractéristique de la nature intime de Faraday; et, en lisant ces mots, je suis bien tenté de rétracter ce que j'ai dit au sujet de l'ardeur et de l'excitabilité de son caractère. Mais n'est-il pas bien plus admirable dans sa puissance à calmer et à dompter ce feu et cette excitabilité naturelle, au point de se rendre capable d'écrire ainsi comme un petit enfant ? Un jour je m'étais permis de lui reprocher la conclusion d'une des ses lettres au doyen de St-Paul. Il la terminait par ces mots : « *Humblement à vous,* » et je critiquais l'adverbe. « Fort bien Tyndall, » dit-il, « mais je *suis* humble, et cependant on se tromperait beaucoup si l'on pensait que je ne suis pas fier. » Cette dualité était essentielle à son caractère, on la retrouve partout. Il était démocrate, prêt à s'insurger contre toute autorité qui aurait prétendu limiter illégalement sa liberté de penser, et cependant, il était toujours prêt à s'incliner respectueusement devant tout ce qui était réellement digne de respect, dans les habitudes du monde ou dans les caractères des hommes.

Qu'il me soit permis de placer ici, sans attendre plus tard, une lettre relative à cette grande question du contrôle à exercer sur moi-même, quoiqu'elle ait été écrite bien des années après la période à laquelle nous sommes parvenus. J'avais été à Glasgow en 1855, prendre part à la réunion de l'Association britannique. Un jour je communiquai à la section de physique, un mémoire dont la lecture fut suivie d'une discussion vive. Des hommes très-distingués y prirent part, entre autres, feu le docteur Whewell, et l'on s'échauffa des deux côtés. Je n'étais nullement satisfait de cette discussion ; ni surtout de la part que j'y avais prise. Ce mécontentement dura plusieurs jours, pendant lesquels j'écrivis à Faraday sans lui donner des détails, mais en lui exprimant d'une manière générale, combien j'étais peiné. Voici un extrait de sa réponse :

Sydenham, 6 octobre 1855

« Mon cher Tyndall, ces grandes assemblées, dont je pense tout le bien possible, font avancer la science principalement parce que, rapprochant les savants, elles leur donnent le moyen de se connaître et de devenir amis; et je suis fâché, qu'il n'en ait pas toujours été ainsi. Je ne sais rien que ce que vous m'apprenez, car je n'ai pas encore lu les comptes rendus des séances, mais permettez à un vétéran, qui doit à l'heure qu'il est, avoir profité de l'expérience, de vous dire que, quand j'étais plus jeune, j'ai souvent mal interprété les intentions des gens, et trouvé qu'ils n'avaient pas eu les pensées que je leur avais d'abord supposées; et qu'enfin, en règle générale, il est sage de se montrer lent à comprendre les expressions qui semblent cacher une attaque, et prompt au contraire à saisir celles qui expriment une opinion favorable. La vérité vraie finit toujours par triompher, et l'opposition, si

elle est dans le faux, est bien plus tôt vaincue quand on lui répond avec ménagement que lorsqu'on l'accable. Tout ce que je veux dire, c'est que le mieux est de rester aveugle aux menées des adversaires et clairvoyant pour la bonne volonté des amis. On éprouve plus de bonheur véritable à s'efforcer de suivre le cours des choses qu'à vouloir tout concilier. Vous pouvez difficilement vous imaginer combien j'ai été souvent irrité intérieurement lorsque je rencontrais de l'opposition, combien mes pensées étaient alors injustes et altières; cependant je me suis efforcé, avec succès, je l'espère, de ne pas laisser percer dans mes répliques les sentiments d'aigreur qui m'agitaient. J'ajoute que je n'y ai jamais perdu. Je ne vous dirais pas tout cela si je ne voyais pas en vous un vrai philosophe et un ami. »

« A vous très-sincèrement :

M. FARADAY (1). »

(1) Faraday aurait appris avec bien du plaisir que, dans sa dernière réunion à Dundee, l'Association britannique avait rempli d'une manière touchante les devoirs qu'il plaçait au premier rang. Pour ce qui me regarde, j'ai rencontré partout un accueil fraternel. De fait, les différends entre des hommes vraiment honorables et d'un esprit droit ne sont jamais inconciliables.

V

Identité des deux électricités. — Premières recherches sur l'électrochimie.

Je me suis déjà servi du mot malaise pour exprimer l'état d'esprit où se trouvait quelquefois Faraday dans la poursuite de ses expériences. C'était pour lui un malaise que d'avoir à raisonner sur des données encore incertaines. Il haïssait ce qu'il appelait une « *science douteuse,* » et il s'appliqua toujours à la faire passer dans la région de la science absolument certaine ou de l'ignorance certaine aussi définitivement. Les demi-feintes, tant dans la conduite de la vie, que dans la science, lui étaient odieuses. Son désir incessant était de constater la réalité de notre ignorance aussi bien que de notre science. « Sois blanche ou noire, » semblait-il dire à chaque hypothèse encore sans preuve; « passe à l'état de vérité solidement établie, ou disparais comme mensonge avéré. » Après avoir fait la grande découverte que j'ai essayé de décrire, un doute sembla l'obséder relativement à l'identité des électricités. « Ai-je le droit, » sembla-t-il se demander à lui-même, « d'appeler électricité l'agent que j'ai découvert? Sont-elles parfaitement concluantes les raisons de croire que l'électricité des machines ordinaires, celle de la pile, de la gymnote et de la torpille, la magnéto et la thermo-électricité

sont de simples manifestations différentes d'un seul et même agent ? » Pour répondre à cette question d'une manière qui le satisfît, il fit une nouvelle revue consciencieuse de la science de cette époque. Il l'enrichit d'expériences nouvelles et finalement il se décida en faveur de l'identité des électricités. Son Mémoire sur ce sujet a été lu à la Société Royale les 10 et 17 janvier 1833.

Après avoir prouvé à sa complète satisfaction l'identité des électricités, il essaya de les comparer les unes aux autres quantitativement. Les termes de quantité et d'intensité, dont Faraday s'était constamment servi, ont besoin d'un mot d'explication. Il chargeait une seule bouteille de Leyde avec vingt tours de sa machine électrique, et, avec ces mêmes vingt tours, il pouvait charger une batterie de dix bouteilles. La *quantité*, dans les deux cas, était sensiblement la même; mais l'*intensité* dans la bouteille unique devait être plus grande, car l'électricité y était moins diffusée. Faraday acquit d'abord la conviction que la même quantité d'électricité tirée de sa machine faisait parcourir à l'aiguille de son galvanomètre le même arc, soit qu'elle fût condensée dans une petite batterie, soit qu'elle fût disséminée sur la surface d'une grande batterie. L'électricité développée par trente tours de sa machine produisait la même déviation de l'aiguille aimantée quelle que fût l'étendue de la surface de la batterie. Il en conclut la possibilité de comparer entre elles, au point de vue de la quantité, des électricités très-différentes les unes des autres en intensité.

Il passa ensuite à la comparaison de l'électricité de frottement avec l'électricité voltaïque. Humectant du papier buvard avec de l'iodure de potassium, son réactif favori, et le soumettant à l'action de la machine électrique, il décomposa l'iodure et obtint une tache brune, formée par l'iode mis en

liberté. Il plongea alors deux fils, l'un de zinc, l'autre de platine, ayant chacun $1^{mm},95$ de diamètre, à la profondeur de $15^{mm},87$, dans de l'eau acidulée pendant une durée de huit battements de sa montre, ou de deux trentièmes de seconde; et il trouva que l'aiguille de son galvanomètre parcourait le même arc, que son papier humide se colorait sur la même étendue que par trente tours de sa grande machine électrique. Vingt-huit tours de la machine produisaient un effet sensiblement inférieur à celui des deux fils. La quantité d'eau décomposée par les fils dans cette expérience échappait entièrement à l'observation; elle était démesurément petite; et cependant cette décomposition suppose le développement d'une quantité de force électrique telle que, dépensée sous une forme convenable, elle pourrait tuer un rat, et qu'aucun homme ne pourrait la supporter.

Dans ses recherches subséquentes « sur la quantité absolue d'électricité associée aux molécules ou aux atomes de la matière, » il essaye de donner une idée de la somme de force électrique renfermée dans un simple grain d'eau (65 milligrammes). Il s'effrayait presque d'avoir à l'énoncer, car il l'estimait à 800 000 décharges de sa grande batterie de Leyde. Si on la concentrait dans une seule décharge, elle représenterait un immense éclair; tandis que l'action chimique d'un seul grain d'eau sur quatre grains de zinc développerait une quantité d'électricité égale à celle d'un violent orage. C'est ainsi que son esprit s'élevait des choses les plus minimes aux plus vastes, s'élançant involontairement des plus petits faits du laboratoire, au point d'embrasser les phénomènes naturels les plus étendus et les plus grandioses (1).

(1) Buff trouve que la quantité d'électricité associée à 1 milligramme d'hydrogène dans l'eau, est égale à 45 480 charges d'une bouteille de Leyde, de 480 millimètres de hauteur et de 160 millimètres de diamètre.

Mais en réalité à cette époque il ne faisait qu'éclairer sa route, et il continua laborieusement à l'éclairer encore pendant quelque temps. Il sondait le terrain, guidé par cet instinct qui était pour lui une baguette divinatoire et l'entraînait droit au filon. « Il flaire la vérité » disait un jour en ma présence le regrettable Kohlrausch, cet éminent physicien allemand : « Il flaire la vérité. » Ses yeux étaient alors constamment fixés sur ce merveilleux courant voltaïque, et il devait beaucoup plus nous apprendre de son mode de transmission.

Le 23 mai 1833, il lut à la Société Royale un Mémoire « *Sur une nouvelle loi de la conduction électrique.* » Il trouva que quoique le courant passât à travers l'eau, il ne passait pas à travers la glace. Pourquoi cela ? puisqu'elles sont une seule et même substance? Quelques années plus tard il répondit à cette question en disant que l'état liquide permet à la molécule d'eau de s'orienter de manière à se placer dans la ligne de polarisation, tandis que la rigidité de l'état solide s'oppose à cette orientation. Cet arrangement polaire doit précéder la décomposition, et la décomposition accompagne la conduction. Il passa à d'autres substances : aux oxydes, aux chlorures, aux iodures, aux sels et aux sulfures, et il trouva qu'ils sont tous isolants à l'etat solide, et conducteurs lorsqu'ils sont à l'état de fusion. En outre, dans tous les cas, excepté un seul, et il regarda cette exception comme simplement apparente, il trouva que le passage du courant à travers le composé fondu était accompagné de sa décomposition. Le fait de la décomposition

Weber et Kohlrausch ont calculé que, si la quantité d'électricité associée à 1 milligramme d'hydrogène dans l'eau était diffusée sur un nuage à 1 000 mètres de hanteur au-dessus de la terre, elle exercerait, sur une quantité égale d'électricité contraire développée à la surface de la terre une force attractive représentée par 2 268 kilogrammes.— *Electrolytisch, maasbestimmungen*, 1866, p. 262.

est-il donc dans ces corps une condition essentielle du fait de la conduction? Tout récemment cette question a été vivement débattu . Faraday était en dernier lieu très-réservé quand il exprimait son opinion sur ce sujet; mais il admettait de fait qu'une quantité infinitésimale d'électricité peut traverser un composé liquide sans produire sa décomposition. De la Rive, qui a beaucoup étudié les phénomènes chimiques de la pile, est énergiquement d'un avis contraire. Selon lui, et plusieurs autres, l'expérience établit de la manière la plus concluant qu'aucune trace d'électricité ne traverse un liquide composé sans produire une décomposition équivalente (1).

Faraday, alors engagé dans le labyrinthe des phénomènes de la pile, sentit plus que jamais quel important service les enseignements de Davy lui avaient rendu. Pourquoi, demandait-il la décomposition doit-elle avoir lieu? Quelle force brise les liens des éléments constituants de ces composés ? Le 20 juin 1833, il lut à la Société royale un mémoire sur *la décomposition électro-chimique*, dans lequel il essaye de répondre à ces questions. On a cru que les pôles, c'est ainsi qu'on les appelle, de l'élément décomposant, ou, en d'autres termes, que les surfaces par lesquelles le courant pénètre dans le liquide ou en sort, exerçaient des attractions électriques sur les principes constituants du liquide et les séparaient. Faraday combat cette opinion avec une vigueur extrême.

Le tournesol révèle, comme vous savez, l'action d'un acide en devenant rouge; le curcuma, celle d'un alcali en passant au brun. Le sulfate de soude, vous le savez aussi, est un sel composé de soude, d'alcali et d'acide sulfurique. Le courant voltaïque, en traversant une solution de ce sel, le décompose de telle sorte que l'acide sulfurique apparaît à l'un des pôles

(1) *Faraday, sa vie et ses travaux*, p. 20.

du couple décomposant, et l'alcali à l'autre pôle. Faraday, trempa deux morceaux de papier préparés, l'un au tournesol, et l'autre au curcuma dans une solution de sulfate de soude; les ayant placés sur deux plaques de verre séparées, il les fit communiquer entre eux au moyen d'un fil trempé dans la même solution. Puis il attacha l'un au conducteur positif d'une machine électrique, l'autre aux tuyaux de gaz de cet édifice : c'était ce qu'il appelait son *train* ou *instrument de décharge.* »

Quand on tournait la machine, l'électricité passait d'un papier à l'autre par le fil, dont on faisait varier la longueur de quelques centimètres à 25 mètres sans changer de résultat. Le premier papier, rougi, révélait la présence de l'acide sulfurique; le second, bruni, révélait la présence de l'alcali. Le sel dissous, ainsi disposé, était donc décomposé par la machine exactement comme il l'aurait été par le courant voltaïque. Quand, au lieu du conducteur positif, il employait le conducteur négatif, les positions de l'acide et de l'alcali étaient renversées. Il se convainquit ainsi que la décomposition chimique par la machine obéissait aux lois qui régissent la décomposition par la pile.

Il réduisit de plus en plus les prétendus pôles, à l'attraction desquels on attribuait la décomposition électrique. Il mit un morceau de papier de curcuma imbibé de sulfate de soude en communication avec le conducteur positif de sa machine ; puis en face du papier imbibé il plaça une pointe métallique en communication avec son appareil de décharge, de sorte que l'électricité devait se décharger à travers l'air du côté de la pointe. En tournant la machine, on faisait passer au brun les angles du morceau de papier de curcuma opposés à la pointe métallique, ce qui indiquait la présence de l'alcali. A la place du papier de curcuma, il prit du papier de tournesol

et il le mit en communication, non plus avec le conducteur mais avec l'appareil de décharge, tandis qu'une pointe métallique communiquant avec le conducteur était fixée à 5 centimètres du papier; quand on tournait la machine, l'acide était mis en liberté sur les bords et aux angles du papier de tournesol. Il plaça ensuite sur le trajet du courant sortant de la machine une série de morceaux isolés de papier terminés en pointe, et dont chacun était composé de deux moitiés, l'une de tournesol et l'autre de curcuma, tous imbibés d'une solutin de sulfate de soude. Les morceaux de papier étaient séparés les uns des autres par des espaces d'air. On fit tourner la machine ; et l'on trouva toujours qu'à la pointe par laquelle l'électricité entrait dans le papier, le tournesol était rougi, et qu'à la pointe où elle sortait du papier, le curcuma était bruni. « Ici » insistait Faraday, « les pôles ont entièrement disparu et la décomposition chimique continue à se produire. » Il était évident pour lui, qu'au lieu d'être *attirés* par les pôles, les corps séparés étaient *rejetés* par le courant.

Les effets obtenus ainsi avec des pôles d'air, il réussit à les obtenir aussi avec des pôles d'eau. Le progrès qui s'était fait dans les idées de Faraday à cette époque est indiqué par le mot « *rejetées* » Dans la suite il revint plusieurs fois à cette idée : les substances dégagées sont *rejetées* du corps qui décompose, et *non attirées à lui par attraction.* »

Après avoir écarté l'idée d'attraction polaire, il énonce et développe sa propre théorie. Il rappelle d'abord la célèbre leçon Bakérienne de Davy en 1806, qu'il dit *avoir été presque entièrement consacrée à l'examen des décompositions chimiques.* Faraday regarde les faits énoncés dans cette leçon comme étant de la plus grande importance. Mais la manière dont les effets se produisent est exposée en termes vagues, si vagues en effet, qu'on pourrait probablement en déduire une douzaine de systèmes

sur l'attraction électro-chimique, différents essentiellement les uns des autres, et cependant s'accordant tous avec la définition que Davy en a donnée. »

Oserai-je dire que ces mots peuvent s'appliquer justement aux propres recherches de Faraday à cette époque? Elles nous mettent en possession de résultats d'une valeur permanente, mais elles ne nous aident que très-peu dans la recherche de la théorie qui doit les expliquer. Il serait peut-être plus exact de dire que la théorie elle-même peut difficilement être présentée sous une forme intelligible. Faraday pénètre avec raison, jusqu'au cœur même du corps qui se décompose; il voit, et voit avec raison, en action dans son sein, les forces qui produisent la décomposition; il rejette, et rejette avec raison la notion d'une attraction extérieure; mais au delà de l'hypothèse des décompositions et des recompositions, énoncée et développée par Grothus et Davy, il ne nous est pas d'un grand secours quand nous avons à nous former une idée nette de la manière dont la force atteint la masse qui se décompose et agit dans son intérieur. A vrai dire, on ne le saura jamais tant qu'on ne connaîtra pas la véritable nature physique de ce que nous appelons un courant électrique.

Faraday conçoit ce courant comme « *un axe de puissance constitué par des forces contraires exactement égales en quantités dans les directions opposées*; » mais cette définition tant de fois citée, et qui a tant circulé, ne nous apprend rien de la nature intime du courant. Un « axe » ne peut signifier qu'une direction; et ce que nous avons besoin de savoir, ce n'est pas l'axe le long duquel la puissance agit, mais la nature et le mode d'action de la puissance elle-même. Faraday s'élève contre le vague des idées de M. de la Rive : mais le fait est que lui et M. de la Rive luttent contre la même difficulté. Ils ne veulent ni l'un ni l'autre accepter la notion d'un

courant composé de deux électricités marchant dans deux sens, mais le moment n'est pas venu, et il n'est pas près de venir, où il nous sera donné de remplacer cette fiction provisoire par une conception mécanique nette et vraie. Cependant, toutes confuses qu'aient pu être à cette époque les notions théoriques de Faraday, les faits qui se sont produits devant lui et autour de lui l'ont conduit graduellement, mais sûrement, à des résultats d'une importance incalculable relativement à la philosophie de la pile voltaïque.

Il avait toujours en vue quelque grand objet de recherches, mais en le poursuivant il descendait fréquemment à des faits secondaires dont l'examen l'écartait de sa course directe. C'est ainsi que nous trouvons la série de ses recherches sur la décomposition électro-chimique interrompue par une étude sur le *pouvoir qu'ont certains métaux et quelques autres corps solides de provoquer la combinaison des corps gazeux.* Cette étude, communiquée à la Société Royale dans la séance du 30 novembre 1833, quoique moins importante que celles qui l'ont précédée et que celles qui l'ont suivie, met pleinement en évidence son immense talent d'expérimentateur. Le pouvoir qu'a l'éponge de platine de déterminer la combinaison de l'oxygène et de l'hydrogène, avait été découvert en 1823 par Döbereiner qui l'appliqua à la construction de sa lampe philosophique que tout le monde connaît. Dulong et Thénard firent voir plus tard que même un fil de platine, lorsqu'il est parfaitement décapé, peut par son action de contact élever un jet d'hydrogène froid à la température de l'incandescence.

Dans ses expériences sur la décomposition de l'eau, Faraday trouva que la plaque positive de l'élément voltaïque possédait à un degré extraordinaire le pouvoir de déterminer la combinaison de l'oxygène et de l'hydrogène. Il en attribua la cause à la netteté parfaite de la plaque positive. L'oxygène était

mis en liberté au contact de cette plaque, et la puissante affinité qu'il possède à l'état naissant, fait disparaître par oxydation toutes les empreintes de la surface sur laquelle il est mis en liberté. Les bulles de gaz dégagées au contact d'une des lames ou de l'un des fils de platine d'un couple voltaïque sont toujours beaucoup plus petites, et s'élèvent dans une succession beaucoup plus rapide que sur l'autre plaque ou l'autre fil. Sachant que l'oxygène est seize fois plus pesant que l'hydrogène, j'en ai conclu plus d'une fois, et je crains d'en avoir amené d'autres à conclure d'une manière erronée que les bulles les plus petites, et qui s'élevaient le plus vite, devaient être celles du gaz le plus léger. La chose me semblait si évidente que je ne me donnais pas la peine de regarder la pile qui m'aurait révélée sur le champ la nature du gaz dégagé. Mais Faraday n'était jamais satisfait d'une déduction, aussi longtemps qu'il pouvait l'amener à l'état de fait démontré. Et il m'apprit qu'ici le fait était précisément le contraire de ce que j'avais supposé. Les petites bulles sont de l'oxygène, et leur petitesse est due à la netteté parfaite de la surface sur laquelle elles sont mises en liberté. L'hydrogène adhérent à l'autre électrode se ramasse en grosses bulles qui s'élèvent en succession beaucoup plus lente ; mais lorsque le courant est renversé, l'hydrogène est mis en liberté sur le fil dégagé, et alors les bulles deviennent à leur tour plus petites.

VI

Lois de la décomposition électro-chimique.

Dans nos conceptions et nos raisonnements sur les forces de la nature, nous nous servons continuellement de symboles ou hypothèses que nous honorons du nom de théories, quand elles réussissent à représenter les faits. C'est ainsi qu'entraînés par certaines analogies, nous attribuons les phénomènes électriques à l'action d'un fluide particulier, quelquefois en mouvement, quelquefois en repos. De pareilles conceptions ont leurs avantages et leurs inconvénients ; elles donnent pour un temps à l'intelligence une hospitalité tranquille ; mais elles la rendent aussi captive, et peu à peu, lorsque l'esprit a pris un développement trop grand pour sa demeure, il trouve souvent beaucoup de difficultés à renverser les murs de ce qui est devenu pour lui une prison après avoir été simplement un asile ou un refuge (1).

Personne n'a jamais senti plus vivement que Faraday cette tyrannie des symboles, et personne ne s'est jamais appliqué

(1) Je copie ces mots de l'extrait imprimé d'une conférence du vendredi soir, faite par moi, parce qu'ils me rappellent la voix de Faraday, qui y répondit par un chaleureux : *Hear! hear!* (*Ecoutez ! écoutez!*) — *Proceedings of the Royal Institution*, vol. II, p. 132.

davantage à s'en délivrer, ainsi que des formes de langage qui les exprimaient En 1833, appelant à son aide le docteur Whewell, il s'efforça de remplacer par d'autres termes tous ceux qui étaient comme imprégnés d'une idée préconçue. Son mémoire sur la décomposition électro-chimique, reçu par la Société Royale, le 9 janvier 1834, débute par la proposition d'une nouvelle terminologie. Il voudrait, s'il était possible, éviter le mot *courant* (1); il abandonne le mot *pôles*, en tant qu'appliqué aux extrémités d'un couple voltaïque, parce qu'il implique l'idée d'attraction, et il lui substitue le terme parfaitement innocent d'*électrodes*. Il appelle *électrolyte* toute substance qui peut être décomposée par le courant, et *électrolyse* l'acte même de la décomposition. Toutes ces dénominations ont pris cours dans la science. Faraday appela *anode* l'électrode positif, et *cathode* l'électrode négatif ; mais ces termes, quoique souvent employés, n'ont pas été acceptés aussi généralement que les autres. Les termes *anion* et *cation*, qu'il appliquait aux constituants de l'électrolyte décomposé, et le terme *ion*, qui comprenait à la fois les *anions* et les *cations*, sont encore moins souvent employés.

Faraday passe ensuite de la terminologie à la recherche des faits. Il sent la nécessité de déterminations quantitatives, et veut entrer en possession d'un moyen de mesure de l'électricité voltaïque. Il le trouve dans la quantité d'eau décomposée par le courant. Il soumet cette mesure à toutes es épreuves imaginables, pour s'assurer qu'aucune erreur ne peut résulter de son emploi. Il met sur le passage d'un seul et même cou-

(1) En 1838, il s'exprime ainsi : « Le mot courant est si expressif dans le langage ordinaire que, quand on l'applique à la considération des phénomènes électriques, on a de la peine à le détourner assez de son sens propre, ou à prévenir l'esprit contre les idées fausses qu'il peut faire naître. » *Exp. Researches*, vol. I, p. 515 (§ 1617).

rant une suite d'éléments voltaïques munis d'électrodes de dimensions différentes, dont quelques-uns sont des plaques de platine, d'autres de simples fils de platine, et il recueille les gaz dégagés sur chaque couple d'électrodes. Il trouve que la quantité de gaz est la même pour tous les électrodes. Il en conclut que, quand on fait passer la même quantité d'électricité à travers une série de couples voltaïques contenant de l'eau acidulée, l'action électro-chimique est indépendante des dimensions des électrodes. Il prouve ensuite que les variations dans l'intensité n'influent pas sur cette égalité d'action. Que sa pile soit chargée avec de l'acide fort ou avec de l'acide faible, qu'elle soit formée de cinq ou de cinquante couples; en un mot, quelle que soit sa source, lorsque le même courant traverse la même série d'éléments, la quantité de décomposition est toujours la même. Il s'assure ensuite que la force ou la faiblesse de son acide dilué n'influe pas sur cette loi. Faisant passer un même courant à travers une série d'auges voltaïques contenant des mélanges d'acide sulfurique et d'eau, de forces très-différentes, il trouve, de quelque manière qu'on fasse varier la proportion d'acide et d'eau, que la quantité de gaz recueillie dans les auges est toujours la même. Une multitude de faits de ce genre ont forcé Faraday de conclure que la quantité de décomposition électro-chimique dépend, non du volume des électrodes, non de l'intensité du courant, non de la force de la solution, mais uniquement de la quantité d'électricité qui traverse la pile. La quantité d'éleétricité est donc nécessairement proportionnelle à la quantité d'action chimique. Faraday a fondé sur cette loi la construction de son célèbre voltamètre ou mesureur d'électricité voltaïque.

Mais, avant de pouvoir appliquer cette mesure, il avait à déblayer son terrain de nombreuses sources possibles d'erreur. La décomposition de son eau acidulée est certainement

un résultat *direct* du courant; mais, comme l'ont prouvé les recherches variées et importantes de MM. Becquerel, de la Rive et autres, il y a aussi des actions *secondaires*, qui peuvent influencer matériellement et compliquer l'action pure du courant. Ces actions peuvent se produire de deux manières : ou bien l'*ion* mis en liberté peut s'emparer de l'électrode sur lequel il s'est dégagé pour former avec lui un composé chimique, ou bien il peut s'emparer de la substance de l'électrolyte lui-même, et introduire ainsi dans le circuit des actions chimiques qui se superposent et s'ajoutent à celles produites par le courant. Faraday a soumis ces actions secondaires à un examen approfondi. Instruit par ses expériences, et devenu par elles compétent à distinguer entre les résultats primaires et les résultats secondaires, il procéda enfin à l'établissement des lois de la *décomposition électrochimique définie.*

Il introduisit dans le même circuit son voltamètre d'abord, formé d'un tube gradué rempli d'eau acidulée et muni de lames de platine pour la décomposition de l'eau, puis une auge contenant du chlorure d'étain. Des expériences, que nous avons citées, lui avaient appris que cette substance, quoique isolante quand elle est solide, est conductrice lorsqu'elle est fondue, le passage du courant étant toujours accompagné de la décomposition du chlorure. Il voulait déterminer le rapport entre cette décomposition et celle de l'eau dans son voltamètre.

Fermant son circuit, il laissa passer le courant jusqu'à ce qu'il eût recueilli dans le voltamètre une *quantité raisonnable* de gaz. Il ouvrit alors le circuit et compara la quantité d'étain mise en liberté avec la quantité de gaz. Le poids du premier était de 3,2 grains (20,74 milligrammes), celui du second de 0,49742 grains (32,232 milligrammes). Vous savez que l'oxygène s'unit à l'hydrogène, dans la proportion

de 8 à 1, pour former de l'eau. En désignant par 1 l'équivalent, ou, comme on l'appelle souvent, le poids moléculaire de l'hydrogène, celui de l'oxygène est 8; par conséquent, celui de l'eau est 8 + 1, ou 9. Cela posé, si la quantité d'eau décomposée dans l'expérience de Faraday est représentée par le nombre 9, ou, en d'autres termes, par l'équivalent de l'eau, alors la quantité d'étain dégagée du chlorure fondu se trouve être, par un calcul facile, de 57,9, qui est presque exactement l'équivalent chimique ou le poids moléculaire de l'étain. Ainsi l'eau et le chlorure sont décomposés dans des proportions exprimées par leurs équivalents respectifs. La somme de force électrique qui sépare les composants de la molécule d'eau est suffisante, ni plus ni moins, pour séparer les composants de la molécule du chlorure d'étain. Ce fait est un fait type ou général. Aidé des indications de son voltamètre, il compara la décomposition d'autres substances, isolément et en séries. Il soumit ses conclusions à des épreuves innombrables. Il introduisit à dessein des actions secondaires. Il s'efforça d'empêcher l'exercice de ces lois, que son désir le plus ardent était de voir établies. Mais, de toutes ces difficultés, sortit cette vérité d'or, que, dans les circonstances les plus variées, les décompositions du courant voltaïque sont aussi définies dans leur nature que les combinaisons chimiques qui ont donné naissance à la théorie atomique. Cette loi des décompositions électrochimiques se place, par son importance, au même rang que la loi des proportions définies dans la chimie.

VII

Origine de la puissance dans la pile voltaïque.

Sur une des places de la ville de Come se dresse une statue n'ayant pour inscription sur son piédestal que ce seul nom : « VOLTA. » Celui qui a porté ce nom occupe à jamais une place mémorable dans l'histoire de la science. Nous lui devons la découverte de la pile voltaïque, sur laquelle nous avons, pour un instant, à porter maintenant notre attention.

L'objet des spéculations scientifiques étant les lois abstraites et les phénomènes de la nature extérieure, on pourrait supposer que leur recherche et leur discussion doivent rendre complétement étranger au monde du sentiment, et ne peuvent donner d'aliment qu'à la froide et sèche lumière de l'intelligence. Cependant ce n'est pas toujours ce qui arrive. L'homme porte son cœur avec lui dans toutes ses œuvres. On ne peut séparer l'élément moral et sensible de l'élément intellectuel; et c'est ainsi que la discussion d'un point de science peut faire naître la chaleur d'un champ de bataille. La lutte entre les théories rivales de l'émission et des ondulations a eu ce caractère emporté, et le débat sur l'origine et l'entretien de la puissance de la pile n'a guère été moins violent pendant plusieurs années. Volta, lui, admit qu'elle résidait dans le contact de métaux différents. Là

s'exerçait sa *force électromotrice*, qui séparait les électricités combinées, et les entraînait sous forme de courants dans des sens opposés. Pour rendre possible la circulation du courant, il était nécessaire de faire communiquer les métaux par un conducteur humide ; car si deux métaux sont reliés entre eux par un troisième, la relation de l'un à l'autre est telle qu'il y a neutralisation complète du mouvement électrique. La théorie du contact de Volta était si claire, si belle, et en apparence si complète, que les intelligences les plus élevées de l'Europe l'avaient acceptée comme l'expression d'une loi naturelle.

Volta ne connaissait rien des phénomènes chimiques de la pile ; mais aussitôt que ceux-ci furent découverts, quelques-uns pensèrent et voulurent que l'action chimique, et non le contact métallique, fût la source réelle de l'électricité voltaïque. Cette idée fut émise par Fabroni en Italie, et par Wollaston en Angleterre. Elle a été développée et soutenue par ces « admirables électriciens, » Becquerel, de Paris, et de la Rive, de Genève. D'un autre côté, la théorie du contact doit à l'Allemagne, son principal développement et les principales preuves dont on l'appuie. Elle a été longtemps la croyance des grands chimistes et physiciens de ce pays, et maintenant encore il en est qui ne peuvent se délivrer de la fascination de leur premier amour.

Après les recherches que j'ai essayé de vous exposer, il était impossible à Faraday d'éviter de prendre parti dans cette controverse. Il le fit dans un mémoire *Sur l'électricité de la pile voltaïque*, reçu par la Société Royale, le 7 avril 1834. On pouvait prévoir quelle serait sa place dans la lutte. Il voyait des effets chimiques marchant côte à côte avec des effets électriques, les uns proportionnels aux autres ; et dans le mémoire qui est maintenant sous nos yeux, il prouva que

quand les premiers sont absents, c'est en vain qu'on chercherait les seconds. Il produisit un courant sans contact métallique; il découvrit des liquides qui, quoique capables de transmettre les courants les plus faibles, aptes par conséquent à se laisser traverser par l'électricité de contact, si l'électricité de contact pouvait former un courant, étaient absolument impuissants aussi longtemps qu'ils étaient chimiquement inactifs.

Les méprises expérimentales de Faraday ont été très-rares; mais il lui en arriva une dans les recherches dont nous parlons. Il crut avoir obtenu une étincelle avec un seul couple *avant que les métaux se fussent touchés*; plus tard il reconnut son erreur. Pour que l'étincelle voltaïque puisse jaillir à travers l'air avant que les extrémités de la pile soient unies, il est nécessaire d'exalter la force électromotrice de la pile en multipliant les éléments; et tous les éléments que Faraday possédait ne lui permettaient pas d'essayer de faire passer l'étincelle à travers le plus petit espace d'air que l'on puisse mesurer. D'ailleurs, l'action d'une pile, dont les métaux différents étaient en contact l'un avec l'autre, ne pouvait réellement pas décider le point en litige. Cependant en ce qui regarde l'identité des électricités provenant de différentes sources, il était très-important au point où nous en sommes arrivés, de savoir si le courant voltaïque peut ou ne peut pas jaillir sous forme d'étincelle, avant tout contact, à travers un intervalle occupé par l'air. Un ami de Faraday, M. Gassiot, a résolu ce problème. Il construisit une pile de 4 000 éléments, et avec elle il fit passer une série d'étincelles d'une extrémité de la pile à l'autre, lorsqu'elles étaient séparées par un espace mesurable d'air.

Le mémoire sur l'*Electricité de la pile voltaïque*, publié en 1834, paraît n'avoir produit que peu d'impression sur les

partisans de la théorie du contact. Il est vrai que c'était des hommes d'une trop grande intelligence pour adopter ou abandonner à la légère une théorie. Faraday revient donc à la charge dans un mémoire communiqué à la Société Royale le 6 février 1840. Dans ce mémoire, il oppose à ses antagonistes une armée d'expériences contraires. Il entasse difficultés sur difficultés contre la théorie du contact, jusqu'à ce que, dans ses efforts pour échapper à ses assauts, cette théorie ait tellement changé de nature qu'elle devienne un être métaphysique tout différent de la théorie proposée par Volta. Et plus elle mettait de persistance à se défendre, plus il devenait évident qu'elle n'était plus qu'un amas d'expédients, portant l'empreinte de l'habileté dialectique, et non plus le sceau d'une vérité naturelle.

Comme conclusion, Faraday lança contre elle un argument qui, si on en avait bien compris alors tout le poids et toute la portée, aurait immédiatement mis fin à la controverse : « La théorie du contact, dit-il, suppose qu'une force qui peut vaincre une résistance puissante, comme par exemple celle des conducteurs bons ou mauvais par lesquels passe le courant, ou encore celle de l'action électrolytique qui est son mode de décomposition des corps, *peut sortir du néant*; que sans aucun changement dans la matière active, ou sans consommation d'une force génératrice, on peut produire un courant qui marchera perpétuellement en dépit d'une résistance constante, ou qui ne sera arrêté, comme dans la pile voltaïque, que par les ruines que son exercice aura accumulées sur son passage. Ce serait, en réalité, *une création de force*, et il n'est rien de semblable dans la nature. Nous avons de nombreux moyens de changer tellement la forme d'une puissance donnée qu'on dirait qu'il y a conversion d'une force dans l'autre. Ainsi nous pouvons changer la force chi-

mique en courant électrique, ou le courant électrique en force chimique. Les belles expériences de Seebeck et Peltier démontrent la convertibilité mutuelle de la chaleur et de l'électricité; d'autres expériences faites par Œrsted et par moi prouvent la convertibilité de l'électricité et du magnétisme. *Mais dans aucun cas, pas même dans ceux de la gymnote et de la torpille, il n'y a création pure ou production de force sans dépense ou sans consommation de l'aliment nécessaire à son entretien.* »

Ces paroles ont été imprimées plus de deux années avant que Mayer publiât son court mais célèbre essai des *Forces de la nature inorganique*, ou que M. Joule fît connaître ses premières et fameuses expériences sur l'équivalent mécanique de la chaleur. Cette coïncidence prouve ce fait qu'avant qu'un grand principe soit distinctement formulé par quelqu'un, il existe à un état plus ou moins latent dans la pensée scientifique générale. Le niveau intellectuel est déjà très-élevé, et ceux qui font les découvertes sont comme des pics qui dépassent quelque peu l'horizon général des pensées du moment. Mais on avait fait valoir ce même argument plusieurs années avant que Faraday s'en servit de nouveau. Je citerai avec autant de plaisir que d'admiration le passage suivant écrit, dès l'année 1829, par le docteur Roget. En parlant de la théorie du contact, il dit : « S'il existe ici une force ayant la propriété que l'hypothèse lui attribue, savoir, de donner une impulsion continuelle à un fluide dans une direction constante, sans être épuisée par sa propre action, cette force doit différer essentiellement de toutes les forces connues. Toutes les forces de la nature et toutes les causes de mouvement dont nous connaissons le mode d'action, en produisant l'effet qui leur est propre, *sont dépensées dans une proportion égale à celle des effets produits; de là l'impossibilité d'obtenir par leur action*

un effet perpétuel; ou, en d'autres termes, le mouvement perpétuel. Or la force électromotrice, attribuée par Volta aux métaux en contact, est une force qui, aussi longtemps qu'un libre cours est donné à l'électricité qu'elle met en mouvement, n'est jamais dépensée, et continue d'être excitée avec une puissance que la production d'un effet incessant n'affaiblit pas. Contre la vérité d'une telle supposition, les probabilités sont infinies. » Lorsque cet argument, dont Faraday se servit indépendamment, se fut clairement fixé dans son esprit, il ne se soucia plus de faire des expériences nouvelles sur la source de l'électricité voltaïque. L'argument lui paraissait saper par *sa base même la théorie du contact*; il l'a laissa s'écrouler en paix (1).

(1) Faraday démontra l'impuissance de la théorie du contact telle qu'elle était alors énoncée et soutenue, en tant qu'il s'agissait d'expliquer le *courant électrique*, qui était réellement le nœud de toute la discussion. Cependant, il est certain que deux métaux différents, lorsqu'ils sont mis en contact, se chargent, l'un d'électricité positive, l'autre d'électricité négative. J'ai eu le plaisir de suivre dans cette voie M. Kohlrausch, en 1849, et ses expériences ne me permettent pas de douter un instant que l'électricité de contact de Volta soit une réalité, quoiqu'elle ne produise pas de courant. Avec un des beaux instruments qu'il a imaginés, sir William Thomson a rendu sûre et facile la démonstration de ce point fondamental. Grâce à ses efforts et à ceux de quelques autres, nous sommes en possession d'*une* théorie du contact, laquelle, en même temps qu'elle tient compte de l'action des métaux, embrasse aussi les phénomènes chimiques du circuit. Helmholtz est le premier, je crois, qui a donné à la theorie du contact cette nouvelle forme, dans son célèbre essai : *Ueber die Erhaltung der Kraft*, p. 44.

VIII

Recherches sur l'électricité de frottement. Induction, Conduction. Capacité inductive spécifique. Théorie des particules contiguës.

Le déploiement de force et d'activité, qui avait accumulé dans ces quatre années une somme de travail expérimental sans égale dans l'histoire de la science, faiblit quelque peu en 1835, et le seul mémoire scientifique produit par Faraday, pendant cette année, était relativement moins important ; il avait pour titre : *Sur une forme perfectionnée de la pile voltaïque*. Ce fut pour lui une époque d'incubation : ses expériences sur l'électrolyse avaient longtemps rempli son esprit, et il visait, comme on l'a déjà dit, au cœur même de l'électrolyte avec un ardent désir de rendre le jeu des atomes visible aux yeux de son intelligence. Il ne doutait pas que ce qu'on appelle *courant électrique* va se propageant d'une molécule à l'autre de l'électrolyte : il acceptait la doctrine de décomposition et de recomposition qui, suivant Grothuss et Davy, court d'une électrode à l'autre. Et il en vint à être pénétré de plus en plus de cette pensée que l'induction électrique ordinaire était aussi transmise et maintenue par l'action des *particules contiguës*.

Son premier grand mémoire sur l'électricité de frottement

fut envoyé à la Société Royale le 30 novembre 1837. Nous le trouvons ici face à face avec l'idée qui possédera son esprit pendant tout le reste de sa vie : l'idée de l'*action à distance*. Elle le tourmentait et le torturait. Dans ses efforts pour sortir de cette perplexité, il se révoltait souvent, sans en avoir la conscience, contre les bornes imposées à l'intelligence humaine. Il aimait, à cette occasion, à citer Newton; il répétait et répétait encore ses mémorables paroles : « Que la gravité soit innée, inhérente et essentielle à la matière, de sorte qu'un corps puisse agir sur un autre corps à distance, à travers le vide et sans aucun autre intermédiaire qui transmette cette action ou cette force de l'un à l'autre, c'est pour moi une si grande absurdité qu'il me semble impossible qu'aucun homme, capable de traiter des matières philsophiques, puisse jamais y tomber. La pesanteur doit être produite par une cause qui agit constamment, suivant certaines lois; mais, que cet agent soit matériel ou immatériel, je laisse à mes lecteurs à prononcer (1). »

Faraday ne voit pas la même difficulté dans ses molécules contiguës. Et cependant, quand nous passons, dans notre conception, des masses aux molécules, nous diminuons simplement le volume et la distance, sans rien changer à la nature de la conception. Toutes les difficultés que l'esprit éprouve à concevoir une action à des distances sensibles l'embarrassent encore quand il essaye de concevoir une action à des distances insensibles. Quoi qu'il en soit, la recherche de la question de savoir si les effets électriques et magnétiques sont ou ne sont pas produits par l'intervention de particules contiguës, présente un intérêt physique tout à fait étranger à la difficulté métaphysique. Faraday attaque le sujet expérimen-

(1) Troisième lettre de Newton à Bentley

talement. Il voit intuitivement que l'action à distance doit être produite en ligne droite. Il sait que la pesanteur ne tourne pas les angles, mais qu'elle exerce son impulsion en ligne droite; de là son but et ses efforts pour savoir si l'action électrique s'exerce toujours suivant des lignes courbes. Une fois prouvé qu'il en est ainsi, il en résulte que l'action est propagée, *par l'intermédiaire d'un milieu*, à l'entour des corps électrisés. Ses expériences de 1837 ont amené, à son avis, ce point à l'état de fait démontré. Il trouva alors qu'il pouvait électriser, par induction, une sphère isolée entièrement plongée dans l'ombre d'un corps qui la mettait à l'abri de l'action directe. Il traça les lignes de force électrique qui, contournant les bords de l'écran, allaient se réunir derrière lui, et prouva que, dans plusieurs cas, l'augmentation de la distance entre la sphère isolée et le corps inducteur augmentait la charge de la sphère, au lieu de l'affaiblir. Il attribua cet effet à la convergence des lignes de force électrique à une certaine distance derrière l'écran.

Les vues de Faraday, sur ce sujet, n'ont pas été acceptées généralement, mais elles l'entraînèrent à faire des expériences, et, avec lui, les expériences étaient toujours fécondes en résultats. Par des dispositions convenables, il plaça une sphère métallique dans l'intérieur d'une grande sphère creuse, ne laissant entre elles qu'un espace d'à peu près 1 centimètre. La sphère intérieure était isolée; la sphère extérieure ne l'était pas. Il communiquait à la première une charge déterminée d'électricité; elle agissait par induction sur la surface concave de la seconde, et il examina comment cet acte d'induction pouvait être produit en plaçant des corps isolants de différentes sortes entre les deux sphères. Il essaya des gaz, des liquides et des solides; mais les solides seuls lui donnèrent des résultats positifs. Il construisit, sur ces données, deux appa-

reils de même volume et de forme semblable. La sphère intérieure de chacun d'eux communiquait avec l'air extérieur par une tige de cuivre terminée en bouton. L'appareil était virtuellement une bouteille de Leyde dont les deux armatures étaient les deux sphères, séparées par une matière isolante épaisse et variable. On déterminait la charge de chaque appareil en mettant un plan d'épreuve en contact avec son bouton et en mesurant, par une balance de torsion, la charge que le plan d'épreuve avait prise. Faraday chargea d'abord l'un des instruments; puis, ayant partagé sa charge avec l'autre, il trouva que, quand l'air était l'isolant interposé dans les deux instruments, la charge était partagée également. Mais, lorsque l'on interposait de la gomme laque, du soufre ou du blanc de baleine entre les deux sphères d'un appareil, en laissant l'air occuper l'intervalle de l'autre, on trouvait que l'instrument contenant le corps diélectrique (non conducteur) prenait plus de la moitié de la charge primitive. Une portion de la charge était absorbée par le diélectrique lui-même; et l'électricité mettait un certain temps pour pénétrer dans le diélectrique. Immédiatement après la décharge de l'appareil, on ne trouvait aucune trace d'électricité sur son bouton; mais on y en trouvait après quelques instants, la charge renaissant graduellement du diélectrique où elle s'était logée. Des isolants différents possèdent, à des degrés différents, ce pouvoir de permettre à la charge de les pénétrer. Faraday se figurait leurs molécules comme polarisées, et il en concluait que la force d'induction se propageait d'une molécule à l'autre du diélectrique, en allant de la sphère intérieure à la sphère extérieure. Il appela *capacité inductive spécifique* la puissance de pénétration possédée par les corps isolants.

Faraday fait voir, avec la plus grande clarté, l'état de ces molécules contiguës; elles se chargent l'une après l'autre,

chaque molécule successive étant, pour sa charge, sous la dépendance de celle qui la précède. Et voici qu'il cherche à abattre le mur de séparation entre les corps conducteurs et les corps isolants. « Ne pourrions-nous pas, dit-il, étendre la décharge dans l'air, en les associant dans une série continue, au blanc de baleine, à l'eau, aux solutions, puis aux chlorures, aux oxydes et aux métaux, sans aucun changement essentiel dans ses caractères? » « Le cuivre lui-même, ajoute-t-il, offre une résistance à la transmission de l'électricité. L'action de ses molécules diffère seulement par le degré de celle des molécules du corps isolant. Elles sont chargées comme celles de l'isolant, mais elles se déchargent plus facilement et plus rapidement ; et cette rapidité de la décharge moléculaire est ce que nous appelons conduction. La conduction est donc toujours précédée de l'induction moléculaire, et lorsque, en vertu d'une certaine qualité du corps, que Faraday ne définit pas, la décharge moléculaire est rendue lente et difficile, la conduction fait place à l'isolement.

Quoiqu'elles soient souvent obscures, une fine veine de pensée philosophique court à travers ces recherches. L'esprit du philosophe va jusqu'au fond des agents qui se cachent sous les phénomènes visibles de l'induction et de la conduction; et, à la vive lumière de son imagination, il essaye de voir les molécules dernières de ses diélectriques. Il serait sans doute facile de critiquer ces recherches, de faire voir le vague et quelquefois l'inexactitude de la phraséologie employée ; mais cet esprit critique serait peu convenable avec un homme de la taille de Faraday. Que ceux qui méditent ses ouvrages cherchent plutôt à atteindre le but qu'il poursuivait, sans permettre à ce vague accidentel de leur faire oublier un instant le mérite de ces speculations transcendantes. Nous pouvons voir les rides, les remous et les tourbillons d'un

cours d'eau sans être en mesure de résoudre tous ces mouvements dans leurs éléments constituants. Je suis même quelquefois tenté de croire que Faraday voit clairement le jeu des fluides, de l'éther et des atomes, mais que ses études antérieures ne l'ont pas mis à même de ramener ce qu'il voyait à ses principes constituants, ou de le décrire d'une manière qui satisfasse un esprit versé dans la mécanique. Il arrive alors, je l'avoue, qu'il parle une langue obscure, difficile à comprendre, qui ébranle ma confiance dans ses conclusions; mais il ne faut jamais oublier qu'il est à l'œuvre, sur les limites mêmes de nos connaissances, et que son esprit s'exerce habituellement au sein de cette *pénombre*, qui forme autour de la science une ceinture continue.

Dans les recherches que nous passons maintenant en revue, le rapport de la spéculation et du raisonnement à l'expérience est bien plus élevé que dans aucun des travaux précédents de Faraday. Parmi beaucoup de choses embrouillées et obscures, nous rencontrons des éclairs de vision et de langage qui semblent être moins le produit du raisonnement qu'une véritable révélation. Je ne citerai qu'un seul exemple de cette puissance de divination. A l'aide de l'artifice si ingénieux de son miroir en rotation rapide, Wheatstone a prouvé que l'électricité avait besoin d'un certain temps pour traverser un fil, et que le courant arrive au milieu du fil plus tard qu'à ses deux extrémités. « Si, dit Faraday, les deux extrémités du fil, dans les expériences du professeur Wheatstone, étaient mises en communication immédiate avec deux grandes surfaces métalliques isolées et exposées à l'air, de sorte que le premier acte d'induction, après qu'on aurait établi le contact pour la décharge, dût être, en partie, soustrait d'abord de la portion intérieure du fil, et disposé pour un instant sur sa surface conjointement avec l'air et les conduc-

teurs environnants, alors je me hasarde à prédire que l'étincelle du milieu serait plus retardée qu'auparavant. Et, si ces deux surfaces isolées étaient les armatures intérieure et extérieure d'une grande bouteille de Leyde ou d'une batterie électrique, le retard de l'étincelle serait encore bien plus grand. » C'était seulement une *prédiction*, car l'expérience n'était pas faite (1); mais, seize ans après, les conditions nécessaires se trouvèrent réunies, et Faraday put faire voir que les phénomènes observés par MM. Werner Siemens et Latimer Clark, sur les câbles souterrains et sous-marins, étaient des manifestations, sur une grande échelle, du principe qu'il avait énoncé en 1838. Les fils et l'eau qui les environne agissent comme une bouteille de Leyde, et le retard du courant, prédit par Faraday, se manifeste dans chaque dépêche transmise par ces câbles.

La pensée de Faraday, dans ses mémoires sur l'induction et la conduction, est loin, comme je l'ai dit, d'être toujours claire; et la difficulté de la saisir est surtout sentie par ceu qui sont les plus familiarisés avec les idées théoriques ordinaires. Il ne connaissait pas les besoins du lecteur, et par conséquent, il n'allait pas au-devant de leurs objections. Par exemple, il revient sans cesse sur l'impossibilité de charger un corps d'une espèce d'électricité, quoique cette impossibilité ne soit nullement évidente. Voici la clef de la difficulté. Il considère chaque conducteur isolé comme l'armature intérieure d'une bouteille de Leyde. Pour lui, une sphère isolée au milieu d'une chambre est une armature de cette espèce;

(1) Si sir Charles Wheatstone pouvait prendre sur lui de reprendre ses mesures encore une fois, en faisant varier les substances que traverserait le courant et les conditions dans lesquelles ce courant se propagerait, il rendrait un grand service à la science théorique et expérimentale.

les murs sont l'armature extérieure, et l'air qui les sépare est le corps isolant à travers lequel la charge agit par induction. Sans cette réaction des murs sur la sphère, on ne pourrait pas plus, suivant Faraday, la charger d'électricité qu'on ne pourrait charger une bouteille de Leyde si on enlevait son armature extérieure. Pour lui, la distance n'est rien. Sa puissance de généralisation fait évanouir l'idée de grandeur; et, si l'on supprimait les murs de la chambre ou même la terre, il prendrait le soleil et les planètes pour en faire l'armature extérieure de sa bouteille. Je n'oserais pas soutenir que, dans ces mémoires, Faraday place toujours ses théories sur un terrain solide; mais, répétons-le encore, une veine de philosophie pure circule dans ses écrits, et ses expériences, aussi bien que ses raisonnements sur les formes et les phénomènes de la décharge électrique, sont d'une importance impérissable.

IX

Besoin de repos. — Visite en Suisse.

Le dernier de ces mémoires est daté de Royal Institution, juin 1838 ; il termine le premier volume de ses *Recherches expérimentales sur l'électricité*. En 1840, comme je l'ai déjà dit, il livra à la théorie de contact son dernier assaut dont elle ne s'est jamais relevée. Il sentait alors les effets de la contention d'esprit à laquelle il s'était condamné depuis tant d'années. On voyait ses forces diminuer de plus en plus chaque jour ; sa femme seule savait combien cette prostration de forces était grande ; et c'est à ses soins affectueux que l'Institution Royale et le monde ont dû le bonheur de sa longue présence dans ces murs. Il allait quelquefois chercher du repos d'esprit au théâtre. Il sortait souvent de Londres pour aller à Brighton ou ailleurs, choisissant toujours une habitation qui eût vue sur la mer ou sur quelque autre horizon enchanteur, afin qu'il pût s'asseoir, contempler et sentir revivre en lui cette douce confiance que

« La nature ne trahit jamais
Le cœur qui l'aime. »

Le plus souvent, quelques jours après qu'il s'était retiré à

la campagne, il n'était pas capable de faire autre chose que de s'asseoir à la fenêtre et de regarder la mer et le ciel.

En 1841, son état devint plus inquiétant qu'il ne l'avait jamais été jusque-là. Sa lettre à M. Richard Taylor, récemment publiée, et datée du 11 mars 1843, contient une allusion à la mauvaise phase qu'il traversait. « Vous savez, dit-il, que des raisons de santé m'ont empêché de m'occuper de science, de lire ou d'écrire pendant ces deux dernières années. » Tel est plus tôt ou plus tard le destin des plus infatigables chercheurs. Ils ne connaissent les limites de la force de leur constitution que lorsqu'ils les ont franchies. Et il est peut-être bon qu'ils les franchissent pour savoir jusqu'où elles s'étendent. Mais, quoique Faraday les eût beaucoup dépassées, il n'alla pas assez loin pour rendre son rétablissement impossible. Madame Faraday et lui allèrent en Suisse, sous la conduite pleine d'affection du frère de madame Faraday, M. Georges Barnard, l'artiste célèbre. Cette époque de souffrances nous montre son caractère sous un nouveau jour. J'ai dit que la douceur et la bienveillance n'étaient pas les seuls éléments de son excellente nature; il était aussi ardent et fort. A l'époque dont nous parlons maintenant, son feu s'était affaibli, sa force s'était adoucie ; mais, dans ce qui lui restait de vie, il n'y avait ni irritabilité ni mécontentement. Il n'aimait pas à se mêler à la société, car la conversation était pour lui une souffrance; mais observons ce grand enfant lorsqu'il est seul. Le voilà au village d'Interlaken, admirant avec bonheur le coucher du soleil sur la Jungfrau, et regardant les cloutiers suisses faire leurs clous. Il tient un petit journal dans lequel il décrit le procédé de la fabrication des clous, et, en même temps, un rayon lumineux éclaire ses souvenirs.

« 2 août 1841. — La fabrication des clous est ici très-active, c'est un travail très-net et très-curieux à observer.

'aime une boutique de forgeron et tout ce qui tient à la forge : *mon père était forgeron.* »

Il alla d'Interlaken à la chute du Giessbach, sur le beau lac du Brientz. Nous le trouvons là occupé à observer les bonds de la cascade qui tombe de précipice en précipice; elle se brise en écume, au terme de chaque chute, et rebondit en poussière d'eau dans l'air. Il a le dos tourné au soleil dont les rayons se jouent dans cette poussière, et voici comme il écrit et poétise ce qu'il voit :

« 12 août 1841. — Aujourd'hui, chaque chute lançait un flot d'écume, à cause de l'abondance des eaux, et le courant d'air qu'elles faisaient naître était, dans certains endroits, tellement fort qu'on ne pouvait lui résister. Le soleil brillait avec éclat, et les arcs-en-ciel, aperçus de différents points, étaient très-beaux. L'un d'eux, au bas d'une belle mais violente cascade, charmait surtout le regard; il restait immobile, tandis que les nappes d'eau et les nuages d'écume, entraînés violemment par le courant d'air à travers l'espace qu'il occupait, allaient se briser contre le rocher. Il ressemblait à un esprit ferme dans sa foi et inébranlable au sein de la tempête des passions qui se ruent contre lui; il pâlissait, il est vrai, mais il se ranimait aussitôt, s'appuyant sur le roc comme sur ce qui, à la fois, est l'espérance et donne l'espérance. Ces mêmes gouttes d'eau qui, dans leur tourbillonnement furieux, semblaient vouloir tout emporter, avaient pour mission de le faire revivre et de lui donner une plus grande beauté. »

X

Magnétisation de la lumière.

Il nous faut maintenant quitter l'homme et aller à l'inventeur, mais pour retrouver bientôt son aimable compagnie. Reportez vos pensées vers ses dernières expériences, et voyez-le s'efforçant de prouver que l'induction était due aux actions des molécules en contact. Il savait que, dans l'étude des actions moléculaires, la lumière polarisée était le plus subtil et le plus délicat des agents révélateurs. Il invoqua son secours, en 1834, dans son exploration des électrolytes, et, en 1838, dans l'étude de ses diélectriques. A cette époque, il recouvrit de feuilles d'étain deux faces opposées d'un cube de verre; il fit communiquer l'une de ces faces avec sa formidable machine électrique, l'autre avec la terre; et, par son effet sur la lumière polarisée, il examina l'état du verre sous l'influence de fortes décharges électriques. Il n'obtint aucun effet, mais il n'en resta pas moins persuadé qu'il y avait là une action que l'emploi de moyens convenables mettrait en évidence.

Après son retour de Suisse, ces pensées l'obsédaient; c'était de l'inspiration plus que du raisonnement. Il recourut aux aimants, et prouva la vérité de son inspiration. Nous avons déjà fait ressortir son aversion pour la *science douteuse* et ses

efforts pour s'affranchir de l'esclavage des hypothèses ; cependant, cet esprit rebelle à la théorie allait théorisant sans cesse. Ses principales recherches se rattachent toutes à des considérations spéculatives. Les idées théoriques étaient la véritable séve de son intelligence, et la source de ses forces d'expérimentateur. Un jour que je visitais avec lui le *Palais de Cristal*, à Sydenham, je lui demandai quel était le charme qui l'attirait avec tant de puissance vers la magnétisation de la lumière : c'étaient des idées théoriques. Il avait certaines vues sur l'unité et la convertibilité des forces naturelles, sur les vibrations de la lumière et leur relation avec les lignes de force magnétique ; et ces opinions préconçues étaient le mobile de ses recherches. Il en sera sans cesse ainsi : le grand expérimentaliste sera toujours un théoricien, par la pente habituelle de son esprit, soit qu'il énonce et formule ses théories, soit qu'il s'abstienne de les exprimer.

Faraday, nous l'avons déjà rappelé, avait voulu perfectionner la fabrication du verre employé en optique ; et quoiqu'il fût parvenu à produire un verre pesant, d'un grand pouvoir réfringent, les usages qu'on tenta d'en faire, pour les instruments d'optique, ne le payèrent pas de son labeur et de ses fatigues. Mais voici que nous obtenons, avec ce même verre pesant, des résultats d'une haute importance et qui sont pour lui une récompense surabondante.

En novembre 1845, il annonça sa grande découverte de *la magnétisation de la lumière et de l'illumination des lignes de force magnétique*. Ce titre provoqua des commentaires et causa bien des malentendus. Faraday ajouta à son premier titre une note explicative, mais la note n'éclaircit pas ce qui était obscur. Dans le fait, Faraday avait sur la magnétisation de la lumière des idées toutes particulières et qui ne pouvaient se traduire dans la langue scientifique de l'époque. Il

est probable qu'aucun autre physicien de ce temps n'aurait jugé convenable d'énoncer le même fait dans les mêmes termes. Mais Faraday était plus qu'un physicien; c'était un prophète; et souvent il produisit, par inspiration, des œuvres qui ne devaient être comprises que par sympathie. Ce qu'il y avait en lui de prophétique déteignait à l'occasion sur le savant, et imprimait à sa physionomie un caractère moins avantageux, mais c'était une condition de sa nature. Supprimez cet élément du caractère d'un tel homme, vous lui aurez peut-être donné une intelligence plus symétrique, mais vous aurez détruit sa force motrice.

Passons vite de l'étiquette de l'écrin au joyau qu'il renferme. « Depuis longtemps, dit Faraday, une opinion, je dirais presque une conviction, s'était emparée de mon esprit, et je crois qu'elle m'était commune avec beaucoup d'autres amis de la science naturelle : c'est que les diverses formes sous lesquelles se manifestent les forces qui ont pour support la matière ont une même origine; en d'autres termes, qu'elles ont entre elles des relations directes et une dépendance mutuelle; qu'elles sont convertibles les unes dans les autres, et que chacune a son équivalent d'énergie et d'action. Cette persuasion extrême, ajoute-t-il, s'étend à la force que nous appelons lumière. » Et il se met à examiner l'action des aimants sur la lumière. Une conversation que j'eus avec lui et Anderson me ferait croire qu'il n'arriva à sa découverte que par un travail considérable. On n'imagine pas, dans le monde, ce que l'invention coûte de fatigues à l'inventeur. On voit le touriste chanter joyeusement, au sommet de la montagne, mais on ne sait pas à quel prix il en a gravi les pentes. Peut-être, Faraday fit-il des centaines d'expériences sur des cristaux transparents avant qu'il lui vînt à la pensée d'essayer son verre pesant. Voici comment il décrit, avec autant de clarté

que de simplicité, le résultat de sa première expérience sur ce verre : « Un fragment de cette espèce de verre, dont les faces étaient planes et polies, ayant environ 15 centimètres carrés de surface et 12 millimètres d'épaisseur, fut placé, en qualité de corps *diamagnétique* (1), entre les pôles d'un électro-aimant non encore excité par le courant électrique, de sorte que le rayon polarisé pût le traverser dans sa longueur ; le verre agissait comme auraient fait l'air, l'eau, ou tout autre corps transparent ; et si, préalablement, l'oculaire était tourné de manière à causer l'extinction du rayon polarisé, ou plutôt de manière à rendre invisible l'image produite par ce rayon, l'introduction du verre ne changeait rien à cet état de choses. Tout restant ainsi, on rendit l'électro-aimant actif, par l'envoi du courant électrique à travers ses fils, et aussitôt l'image de la flamme de la lampe devint visible; elle continua à l'être aussi longtemps que dura l'action magnétique. Dès qu'on arrêta le courant électrique, la force magnétique cessant d'agir, la lumière disparut. Ces phénomènes pouvaient être renouvelés à volonté, dans des circonstances et à des époques quelconques; ils montraient constamment la dépendance de cause à effet. »

Dans un rayon de lumière ordinaire, toutes les molécules de l'éther lumineux vibrent dans toutes les directions, perpendiculairement à la ligne de propagation; mais, dans l'acte de la polarisation réalisée par Faraday, toutes les oscillations sont éliminées, à l'exception de celles qui sont parallèles à un certain plan. Lorsque le plan de vibration du polariseur coïn-

(1) « Par le mot *diamagnétique*, dit Faraday, j'entends un corps à travers lequel passent les lignes de la force magnétique, sans qu'il prenne sous leur action l'état magnétique ordinaire du fer ou de l'aimant. » Postérieurement, Faraday employa ce mot dans un sens différent, comme on va le voir.

cide avec celui de l'analyseur, une portion du rayon les traverse l'un et l'autre; mais, lorsque ces deux plans sont à angles droits, le rayon est éteint. Si, par un moyen quelconque, pendant que le polariseur et l'analyseur se croisent ainsi perpendiculairement, le plan de vibration du rayon polarisé qui les traverse venait à changer, la lumière serait transmise, au moins en partie. C'est ce qui avait lieu dans l'expérience de Faraday. Son aimant faisait tourner le plan de polarisation du rayon d'un certain angle, et le rendait ainsi capable de se frayer passage à travers l'analyseur. *La magnétisation de la lumière et l'illumination des lignes magnétiques de force* deviennent, dans le langage de la théorie moderne, *la rotation du plan de polarisation.*

Pour lui, comme pour tous les vrais physiciens, ce qui constituait la principale valeur d'un fait, c'était sa place et sa portée dans la série, dans l'enchaînement général des vérités scientifiques. Aussi, quand il avait établi l'existence d'un phénomène, avait-il pour habitude constante de l'envisager sous tous les points de vue possibles, de chercher à saisir et à développer ses rapports avec les autres phénomènes. Il prouva que la direction de la rotation dépend de la polarité de l'aimant, puisqu'elle a lieu en sens inverse quand les pôles magnétiseurs sont renversés. Il montra que, lorsqu'un rayo polarisé traverse le verre pesant dans une direction parallèle aux lignes magnétiques de force, la rotation atteint son maximum, et qu'elle cesse entièrement lorsque la direction du rayon est perpendiculaire à ces mêmes lignes. Il prouva aussi que la vitesse de rotation est proportionnelle à la longueur du chemin parcouru par le rayon dans la substance diamagnétique. Il opéra plus tard sur des liquides et des solutions salines; il essaya plus de 150 solutions aqueuses, et détermina complétement leur pouvoir de rotation. Il examina

ensuite les gaz, mais il ne put ici, malgré tous ses efforts, obtenir aucune trace d'action sensible sur le rayon polarisé. Des aimants il passa aux courants : il introduisit dans des hélices électro-magnétiques des barreaux de verre pesant et des tubes qui contenaient des liquides ou des solutions aqueuses. Un courant, lancé à travers l'hélice, faisait tourner le plan de polarisation, et la rotation avait lieu toujours *dans la direction du courant*. Elle avait lieu en sens inverse quand on renversait le courant. Dans le cas des aimants, il observa un passage ascendant, quoique assez rapide, de l'état d'obscurité au maximum d'intensité lumineuse, à partir du moment où l'électro-aimant devenait actif. Dans le cas des courants, le rayon atteignait instantanément son maximum d'intensité. Il explique cette différence par le *temps* qu'exigeait le fer de l'électro-aimant pour acquérir toute sa puissance magnétique, temps presque nul quand il s'agit d'un courant circulant au sein du fer. « Dans cette expérience, dit il, nous pouvons, je pense, dire avec raison qu'un rayon de lumière est électrisé, et que les forces électriques sont devenues lumineuses. » Dans l'hélice, comme il l'avait fait avec les aimants, il soumit de l'air à l'influence magnétique, avec le plus grand soin et non sans anxiété; mais il ne put découvrir aucune trace d'action sur le rayon polarisé.

Plusieurs substances ont le pouvoir de faire tourner le plan de polarisation sans l'intervention du magnétisme. L'huile de térébenthine et le quartz en sont des exemples : mais Faraday montra que, tandis que dans la direction transversale aux lignes de force magnétique la rotation de ce plan est nulle, et qu'elle augmente graduellement à mesure que le rayon s'écarte de cette direction, pour atteindre son maximum quand le rayon est parallèle aux lignes de force, dans l'huile de térébenthine la rotation est indépendante de la di-

rection du rayon. Plus tard il constata entre la rotation magnétique et la rotation naturelle une différence encore plus profonde. Je vais essayer de vous dire comment fixant l'œil à l'extrémité sud du tube, il y fit arriver un rayon polarisé par l'extrémité nord. Pour l'observateur placé dans ces conditions, la rotation du plan de polarisation par la térébenthine se fait *vers la droite*. Que l'œil se transporte à l'extrémité nord, et que le rayon lui arrive de l'extrémité sud, la rotation se fait encore vers la droite. Il en est autrement lorsqu'un barreau de verre pesant est soumis à l'action d'un courant électrique : alors, si pour la première position de l'œil la rotation a lieu vers la droite, elle a lieu vers la gauche pour la seconde. Ces rapprochements prouvaient évidemment que si un rayon polarisé, après avoir traversé l'huile de térébenthine dans son état naturel, pouvait, par l'emploi de quelque moyen, être rejeté par réflexion au sein du liquide pour le parcourir en sens inverse, la rotation du rayon direct serait exactement neutralisée par celle du rayon réfléchi. Il n'en serait pas ainsi de l'effet d'induction magnétique : dans ce dernier cas, il est manifeste que la rotation serait doublée dans l'acte de réflexion. Faraday conclut de là que les molécules d'huile de térébenthine qui font tourner le rayon en vertu de leur force naturelle ne sont pas dans les mêmes conditions que celles qui produisent la rotation en vertu de la force d'induction. Cette remarque s'applique à tous les corps qui possèdent par eux-mêmes le pouvoir de faire tourner le plan de polarisation.

Faraday alors, avec sa merveilleuse sagacité et sa puissance d'intuition, essaya de mettre cette conclusion à profit. Il argenta les extrémités de son morceau de verre pesant, laissant cependant à découvert une portion étroite parallèle à deux arêtes diagonalement opposées. Il fit ensuite pénétrer le

rayon par cette portion découverte; et, en inclinant convenablement son verre, il força le rayon qui le traversait à atteindre son œil, d'abord directement, puis après deux, quatre ou six réflexions, ce qui correspondait au passage du rayon une fois, trois fois, cinq fois, sept fois, etc., à travers le verre. Il établit ainsi avec une rigueur mathématique le principe de la proportionnalité de la rotation à la distance parcourue par le rayon polarisé. Par exemple, dans une série d'expériences, où la rotation subie par le rayon direct était de 12°, la rotation acquise après trois passages dans le verre fut de 36°; après cinq passages, de 60°. Mais même alors qu'on appliquait ce mode d'amplification, on ne réussissait pas encore à mettre en évidence le pouvoir rotatoire de certaines substances solides; et dans le cas de l'air, quoiqu'il eût poussé à l'extrême la ressource des réflexions répétées en son pouvoir, Faraday ne parvint pas à produire une rotation sensible.

Cet insuccès des diverses tentatives de Faraday pour obtenir un effet de rotation avec les gaz semble indiquer le véritable siége du phénomène. L'éther lumifère entoure les dernières molécules des corps, et il en subit l'influence. La symétrie de l'éther implique celle des molécules. Si les molécules d'un cristal ont une disposition parfaitement symétrique autour d'une ligne quelconque dans le cristal, nous pouvons conclure avec certitude qu'un rayon passera le long de cette ligne comme il passerait dans le verre ordinaire. Il ne sera pas doublement réfracté. Lorsque des rayons de chaleur rayonnante traversent un bloc d'eau glacée, la symétrie des figures liquides qui se produisent, comme on le sait, dans les plans de congélation, nous autorise à affirmer sûrement la symétrie d'agrégation; et nous en concluons que la ligne perpendiculaire aux plans de congélation n'est pas une

ligne de double réfraction : dans le fait, c'est l'axe optique du cristal. La même remarque s'applique à la ligne qui joint les angles obtus opposés d'un cristal de spath d'Islande. L'arrangement des molécules autour de cette ligne étant symétrique, la condition de l'éther dépendante de ces molécules partage leur symétrie; et par suite, il n'est au une raison d'admettre que la longueur d'onde varie avec l'azimut tout autour de cette ligne. Le verre recuit a ses molécules disposées symétriquement autour de toute ligne menée dans son intérieur; donc il n'est pas doublement réfringent. Mais que le verre soit comprimé ou étiré dans une direction quelconque, la symétrie des molécules, et par suite la symétrie de l'éther sont immédiatement détruites; le verre, en conséquence, deviendra bi-réfringent. Un échauffement inégal produit le même effet. Des efforts purement mécaniques de tension ou de compression se révèlent ainsi par des effets optiques; et il est extrêmement vraisemblable que dans l'expérience de Faraday c'est la *tension magnétique* qui produit la rotation du plan de polarisation (1).

(1) Le pouvoir de double réfraction qu'acquiert le centre d'une verge de verre, à laquelle on fait rendre la note fondamentale due à des vibrations longitudinales, et l'absence de pouvoir doublement réfringent dans le cas où le milieu qui vibre est l'air (l'air, par exemple, renfermé dans un tuyau d'orgue), semblent analogues à la production et à la non-production, dans ces deux espèces de corps, de l'effet observé par Faraday.

Je ne sache pas que jamais Faraday ait cherché à définir, même dans une simple conversation, l'état moléculaire de son verre pesant soumis à l'influence magnétique. Dans un mémoire mathématique sur ce sujet, publié dans les *Proceedings of the Royal Society* pour 1856, sir William Thomson arrive à cette conclusion, que l'état *diamagnétique* est un état de rotation moléculaire.

XI

Découverte du diamagnétisme. — Recherches sur l'action magnéto-cristalline.

Le grand pas que franchit ensuite Faraday dans sa course aux découvertes, il l'annonce et l'expose dans un mémoire sur « la condition magnétique de toute espèce de matière, » communiqué à la Société royale en 1845. Une des grandes sources de ses succès était l'emploi de moyens extraordinaires. Ainsi que nous l'avons déjà dit, pour obtenir le dernier mot d'une expérience qui ne répondait pas à ses prévisions, il épuisait toutes les forces en son pouvoir. Maintes fois il avait essayé les aimants d'acier et les électro-aimants ordinaires dans leur action sur diverses substances, sans rien découvrir qui différât des attractions connues manifestées par quelques-unes d'entre elles. Il arriva enfin, qu'un plus grand effort développa une nouvelle action. Devant le pôle d'un électro-aimant, il suspendit un fragment de son fameux verre pesant; et il observa que lorsque l'aimant était très-puissamment excité, le verre s'éloignait manifestement du pôle. C'était donc un cas indubitable de *répulsion* magnétique. Il suspendit un barreau de ce verre entre les deux pôles; le barreau s'éloigna quand l'aimant fut excité, et il prit une position *équatoriale*, c'est-à-dire à angles droits avec la ligne de jonc-

tion des pôles. Un corps magnétique ordinaire suspendu de la même manière se plaçait, au contraire, *axialement*, ou le long de la ligne des pôles.

Faraday nomma *diamagnétiques* les corps qui étaient ainsi repoussés par les pôles, donnant à ce mot une signification différente de celle qu'il avait reçue dans son mémoire sur la magnétisation de la lumière ; il conservait d'ailleurs le terme *magnétique* pour les corps qui manifestaient l'attraction ordinaire. Plus tard, il généralisa cette dernière expression, et s'en servit pour désigner tous les phénomènes d'attraction et de répulsion, nommant *paramagnétiques* les corps qui possèdent, comme le fer, l'attraction magnétique.

Déjà Brugmanns, Becquerel, Le Baillif, Saigey et Seebeck avaient signalé l'existence d'une force répulsive exercée par les aimants sur deux ou trois sortes de substances ; mais c'étaient des observations isolées, inconnues de Faraday, et qui étaient restées sans développements, ou sans recherches ultérieures. Une fois en possession de ce fait, Faraday chercha à l'étendre et à le multiplier. Il soumit à l'action de son aimant des corps de la nature la plus diverse : des sels minéraux, des acides, des alcalis, des éthers, des alcools, des solutions aqueuses, le verre, le phosphore, les résines, les huiles, les essences, les tissus végétaux et animaux, etc., et il trouva que tous subissaient l'influence magnétique. Pas un solide, pas un liquide n'échappait à l'action magnétique, quand elle était développée à un degré suffisant. Tous les tissus du corps humain, le sang lui-même, quoiqu'il contienne du fer, furent trouvés diamagnétiques. Si donc on pouvait suspendre un homme horizontalement entre les pôles d'un aimant, ses extrémités s'éloigneraient des pôles, et il prendrait une position équatoriale.

Faraday avait a peine commencé ses recherches sur le dia-

magnétisme, qu'il remarqua un phénomène extraordinaire ; et cette découverte. s'il m'est permis de le dire, croisa la voie scientifique dans laquelle je marchais, ainsi que je vais le dire: — Dans le cours de l'année 1849, travaillant dans le cabinet de mon ami, M. le professeur Knoblauch, de Marburg, je suspendis une petite pièce de monnaie de cuivre entre les pôles d'un électro-aimant; lorsque l'aimant était excité, la pièce de monnaie se mouvait entre les pôles, puis tout à coup elle s'arrêtait, comme si elle avait rencontré un coussin. Le circuit était-il rompu, on voyait immédiatement la pièce repoussée, et la répulsion était si violente qu'elle tournait plusieurs fois autour de son axe de suspension. Une autre pièce de monnaie d'argent, un *silbergroschen*, suspendu semblablement, se comporta de la même manière. Je crus d'abord à une nouvelle découverte; mais en lisant ce qui avait été écrit sur ce sujet, j'appris que Faraday avait observé, souvent répété et expliqué les mêmes faits dans ses recherches sur le diamagnétisme. Son explication était fondée sur sa grande découverte des courants magnéto-électriques. Le phénomène est vraiment étrange. Un poids de cuivre de plusieurs kilogrammes tourne rapidement sur lui-même entre les pôles d'un électro-aimant non excité par le courant; dans cet état, qu'on excite l'aimant, qu'on rende l'électro-aimant actif, et la rotation s'arrête instantanément. Quoique l'œil ne découvre aucune résistance, si l'on force le cuivre à tourner dans le champ magnétique après l'excitation, on croirait qu'il est plongé dans un fluide visqueux. Si l'on imprime à une pièce plate de ce métal un mouvement de va-et-vient ou de scie entre les deux pôles, la résistance qu'on éprouve ressemble à celle qu'une masse de beurre ou de fromage oppose au couteau qui la traverse (1). Ce *frottement virtuel* du champ magnétique est telle-

(1) Voyez l'ouvrage de *la Chaleur considérée comme cause de mouvement*.

ment fort que le cuivre qui recevrait, entre les pôles, une rotation rapide, s'échaufferait probablement jusqu'à la fusion. Nous pourrions nous débarrasser des difficultés que soulève cette expérience en disant que la chaleur est due aux courants électriques excités dans le cuivre. Mais qu'est-ce qu'un courant électrique? Aussi longtemps que nous ne saurons pas répondre à cette question, l'explication ne sera que provisoire. Pour mon compte, je contemple cet étrange phénomène avec intérêt et avec l'espoir qu'on l'expliquera un jour.

Les pensées de Faraday couraient, en quelque sorte, instinctivement d'une combinaison d'expériences à une autre; là où un esprit ordinaire aurait jugé l'expérimentation épuisée, il montrait qu'elle était tout simplement inépuisable. Son regard s'arrête maintenant sur un point particulier, et le premier pas qu'il fait dans son étude est de prouver que le principe d'Archimède s'étend au magnétisme. Il forme des solutions magnétiques de divers degrés de force, il les place entre les pôles de son aimant, et suspend dans leur sein divers corps magnétiques. Il constate que, lorsque la force de la solution est plus grande que celle du corps plongé, celui-ci, quoique magnétique, est repoussé; et, si l'on suspend dans la solution un morceau allongé de ce corps, il se placera équatorialement entre les pôles devenus actifs, comme le ferait un corps diamagnétique. Si, au contraire, ce même corps est suspendu dans une solution d'une puissance magnétique moindre que la sienne, le tout ensemble est attiré; une morceau allongé prend la position axiale.

Et voici que les questions théoriques fondent, en quelque sorte, sur lui. S'agit-il d'une véritable répulsion ou seulement d'une attraction différentielle? La répulsion apparente des corps diamagnétiques ne serait-elle pas due à l'attraction

plus grande du milieu qui les entoure. Il essaye la raréfaction de l'air, et trouve que son effet est insensible. Il lui répugne d'attribuer un pouvoir d'attraction à l'espace où à tout autre milieu hypothétique qu'on supposerait remplir l'espace. Il incline, par conséquent, mais non sans hésitation, vers l'opinion que l'action d'un aimant sur le bismuth est une répulsion véritable, absolue, et non le résultat d'une attraction différentielle. Il expose alors clairement les vues théoriques suffisantes à donner l'explication des phénomènes. « Théoriquement, dit-il, l'explication des mouvements des corps diamagnétiques et de tous les phénomènes dynamiques, résultant de l'action que les aimants exercent sur ces corps, peut se trouver dans la supposition que l'induction magnétique les constitue dans un état contraire à celui dans lequel il place les corps ordinaires. » C'est-à-dire, qu'alors que, par l'action magnétique ordinaire, le pôle actif fait naître dans le corps adjacent une aimantation contraire à la sienne, dans le cas des corps diamagnétiques, l'aimantation du corps adjacent serait de même nature que celle du pôle excitant; il ne paraît pas, cependant, que cette théorie de polarité renversée ait jeté de profondes racines dans l'esprit de Faraday; il n'en trouva pas la confirmation dans ses expériences. Il l'abandonna donc tout à fait dans la suite, et défendit la *non-polarité* de la force diamagnétique.

Il entra alors dans un champ de recherches nouvelles, mais en rapport avec les précédentes. Après avoir étudié les metaux et leurs composés, après avoir classé tous ceux qui avaient été l'objet de ses observations en deux séries, les métaux magnétiques et les métaux diamagnétiques, il commença l'étude des phénomènes présentés par les cristaux, soumis de la même manière à la force magnétique. L'action exercée sur les cristaux, d'abord prédite en partie théorique-

ment par Poisson (1), avait été découverte expérimentalement par Plücker, dont les beaux résultats, à l'époque à laquelle nous touchons, intéressaient profondément tous les savants. Faraday avait été souvent intrigué par les singulières anomalies du bismuth, métal éminemment cristallin. Des masses oblongues de ce métal refusaient de se placer équatorialement, quelquefois elles s'obstinaient à prendre une position oblique; quelquefois même, elles prenaient la position axiale, de pôle à pôle, comme les corps magnétiques. « L'effet, dit-il, se produit avec un seul pôle; et il est très-surprenant de voir un barreau de métal aussi diamagnétique que le bismuth vivement repoussé, et, en même temps, néanmoins, énergiquement rappelé à la position axiale, qu'il finit par garder comme le ferait un corps magnétique. » Ce fait l'embarrassait; et, dans les efforts qu'il fit pour sortir de son embarras, il ne laissa échapper aucune des particularités de cette manifestation nouvelle de la force. Ses expériences sont décrites dans un mémoire communiqué à la Société Royale le 7 décembre 1848.

J'ai moi-même étudié longtemps l'action magnéto-cristalline en m'éclairant des travaux de Faraday et de Plücker. Les mémoires que j'ai là, sous les yeux, ont été l'objet de mes méditations de jour et de nuit, il y a dix-huit ou dix-neuf ans. On me croira donc quand je dirai que, quoique la lecture que je viens d'en faire ait été précédée de bien d'autres, ils m'étonnent encore. Toutes les circonstances du sujet, toutes les nuances dans le mode d'action, toutes ses variations, presque toutes les applications qu'on peut faire du magnétisme pour faire ressortir en détail les caractères de la nouvelle force, tout, en

(1) Voyez sir W. Thomson, sur l'action magnéto-cristalline, *Philos. Mag.*, 1851.

un mot, est minutieusement décrit. Le champ est complétement moissonné, et l'expérimentateur le plus exercé n'y trouvera presque rien à glaner. Faraday conclut que ces phénomènes sont essentiellement différents de ceux du magnétisme et du diamagnétisme ; « ils semblent réellement nous révéler l'existence, dans les molécules de la matière, d'une nouvelle force ou d'une nouvelle forme de force. » Quelle que soit, dans son essence, cette force nouvelle, il juge convenable de la désigner du nom de force *magnéto-cristallique*.

Il considère d'abord le cristal sur lequel agit l'aimant. Du cristal, il passe, par la pensée, à ses molécules, et il se demande si la puissance qui peut ainsi saisir les molécules cristallines, après qu'elles ont été amenées à leur position relative par la force de cristallisation, ne serait pas capable, si elle agissait sur ces molécules à l'état de liberté, de déterminer leur arrangement ou leur cristallisation. Il rend donc libres, par la fusion, les molécules de bismuth. Il place le métal fondu entre les pôles d'un électro-aimant énergiquement excité; mais il ne découvre aucune action. Il me semble qu'on ne peut pas douter qu'il y ait là une action exercée, une cause mise en jeu; mais son énergie n'est pas assez grande pour qu'elle puisse lutter avec la force de la cristallisation, véritablement énorme, en comparaison de la force diamagnétique. « Peut-être, ajoute Faraday, aurais-je obtenu un meilleur résultat, si j'avais pu continuer l'action plus longtemps et si j'avais employé un aimant permanent. J'avais fondé un grand espoir sur cette expérience. » Cette réflexion et beaucoup d'autres de même genre, répandues dans ses écrits, confirment l'opinion que nous avons exprimée, que ses expériences étaient toujours inspirées et dirigées par ses idées théoriques. Son esprit était plein d'espérances et d'hypothèses, mais il ne manquait jamais de les soumettre à l'épreuve des faits.

L'histoire de ses expériences projetées et exécutées prouverait, sans aucun doute, que la proportion des espérances déçues est très-grande, relativement à celles des espérances réalisées; mais chaque succès lui faisait oublier ses défaites, et le désappointement s'éclipsait devant la victoire.

Après avoir décrit le caractère général de la nouvelle force, Faraday expose son mode d'action dans ces termes quelque peu obscurs. « La *loi* de l'action semble consister en ce que *la ligne ou axe de force magnéto-cristallique* (résultante des actions de toutes les molécules) *tend à se placer parallèlement ou tangentiellement à la courbe magnétique ou à la ligne de force magnétique qui passe par le lieu que le cristal occupe.* La force magnéto-cristallique lui paraît, en outre, « complétement distincte des forces magnétique et diamagnétique, en ce sens qu'elle n'exerce ni attraction ni répulsion, et qu'elle a pour unique effet de faire prendre une certaine position déterminée à la masse qui subit son influence. » Il procède alors à l'examen rigoureux et à la démonstration de cette conclusion, que la nouvelle force n'a rien de commun avec les influences attractives ou répulsives. Il montre, de la manière la plus finement ingénieuse, que, sous certaines circonstances, la force magnéto-cristallique peut amener le centre de gravité d'un corps fortement magnétique à s'éloigner des pôles, et le centre de gravité d'un corps diamagnétique à s'en rapprocher. Ses expériences le confirment chaque jour dans la conclusion que ce n'est « ni l'attraction ni la répulsion qui amènent et maintiennent définitivement le cristal dans sa position au sein du champ magnétique; que la force qui produit cette orientation est distincte, par conséquent, par son caractère et ses effets, des formes de forces magnétique ou diamagnétique. « D'autre part, continue-t-il, cette force a une relation manifeste avec la structure cristalline du bis-

muth et d'autres corps, et, par conséquent aussi, avec la puissance qui sollicite les molécules à s'organiser en masses cristallines. »

Puis vient une de ces expressions qui caractérise les idées de Faraday sur les forces en général. — « Il me paraît impossible d'expliquer les résultats autrement que par une réaction mutuelle entre la force magnétique et la force que les molécules du cristal exercent les unes sur les autres. » Il prouve que l'action résultante, bien que moléculaire, est une action à distance ; il montre qu'un cristal de bismuth a le pouvoir de rendre parallèle à son axe magnéto-cristallique une aiguille magnétique suspendue librement. Bien peu de savants, parmi nos contemporains, peuvent apprécier la difficulté d'obtenir de tels résultats et la délicatesse des expériences nécessaires pour les produire. « Mais, bien que la nouvelle force prenne ainsi le caractère d'une force agissant à distance, elle n'en est pas moins due à la puissance propre aux molécules, qui les fait adhérer l'une à l'autre, dans un ordre régulier, et donne à sa masse l'agrégation cristalline, puissance que nous appelions autrefois la force d'agrégation, et dont nous parlions si souvent comme agissant à des distances *insensibles*. » Il couve sans cesse dans son esprit cette nouvelle force, il l'examine sous tous les points de vue. Les expériences succèdent aux expériences, comme les pensées aux pensées. Il ne quittera pas le sujet aussi longtemps qu'il aura l'espoir de l'éclairer d'un jour nouveau. Il ne se dissimule pas ce qu'il y a d'anomal dans la conclusion à laquelle les expériences l'ont conduit. « Cette force, dit-il, m'apparaît tout à fait étrange, extraordinaire dans sa nature. Elle n'est pas polaire, puisqu'il n'y a pas d'attraction ni de répulsion. » Et alors, comme effrayé de ce qu'il vient de dire, il ajoute : « Quelle est donc la nature de la force mécanique qui fait tourner le

cristal et le rend capable d'agir sur un aimant? » . . . . . .
« Je ne me souviens pas d'avoir jamais vu un cas semblable de force faisant prendre à un corps une position déterminée, sans attraction ni répulsion. »

Vers cette époque, le célèbre géomètre Plücker, qui a consacré plusieurs années de sa vie à des recherches de physique expérimentale, avec autant de succès que de dévouement, visita Faraday, et répéta devant lui ses belles expériences sur l'action magnéto-optique. Faraday, après avoir repris lui-même et vérifié les observations de Plücker, fut amené à cette conclusion, qui d'abord lui avait paru douteuse, que les résultats de Plücker et l'action magnéto cristallique avaient une même origine.

Arrivé au terme de ses mémoires, lorsqu'il jette un dernier regard sur le chemin qu'il a parcouru et celui qui lui reste à parcourir, Faraday laisse échapper de son âme une pensée pleine d'émotion et de transport scientifique. « Je ne puis, dit-il en finissant son premier mémoire sur l'action magnéto-cristallique, terminer l'exposition de cette série de recherches sans remarquer les rapides progrès de la science des forces moléculaires, dans quel degré chaque pas fait en avant ajoute à leur importance et à l'attrait puissant qui porte les esprits vers ce sujet d'étude. Le magnétisme n'était encore, il y a quelques années, qu'une force occulte, affectant seulement un très-petit nombre de corps ; l'on sait aujourd'hui qu'il influence tous les corps, et qu'il a les rapports les plus intimes avec l'électricité, la chaleur, l'action chimique, la cristallisation, et, par la cristallisation, avec toutes les forces mises en jeu dans la cohésion. Dans cet état actuel des choses, nous nous sentons vivement pressé de continuer nos recherches, encouragé par l'espoir de découvrir le lien qui rattache le magnétisme à la pesanteur. »

XII

Remarques supplémentaires.

On m'accordera peut-être de consacrer ici quelques pages à l'exposé des progrès ultérieurs de recherches qui intéressaient tant Faraday. Attiré par la renommée de Bunsen, le professeur éminent, je devins, en 1848, étudiant de l'Université de Marburg, dans le duché de Hesse-Cassel. Bunsen fut pour moi un frère autant qu'un maître ; près de lui, j'eus en outre le bonheur de faire la connaissance et de gagner l'amitié de M. le professeur Knoblauch, devenu si célèbre par ses travaux sur la chaleur rayonnante. Les recherches de Plücker et de Faraday occupaient alors tous les esprits, et, vers la fin de 1849, nous entreprimes, M. Knoblauch et moi, de soumettre à un examen rigoureux la question tout entière à l'ordre du jour. Nous avions besoin, pour arriver à nous en rendre maître, de longues études, et de nous astreindre à suivre un plan bien arrêté. Adoptant une méthode proposée par Dove, nous examinâmes d'abord les propriétés optiques des cristaux que nous avions à étudier, et ces observations optiques marchaient de pair avec nos expériences magnétiques. Le nombre de ces expériences fut très-grand; mais, pendant longtemps, elles n'ajoutèrent aucun fait de quelque importance à ce qu'on avait déjà publié. A la fin, cependant,

nous eûmes la bonne fortune de rencontrer plusieurs cristaux que leur manière de se comporter ne permettait pas de faire rentrer dans la loi de l'action magnéto-cristallique formulée par Plücker. Nous découvrimes aussi des faits qui nous amenaient à supposer que la force magnéto-cristallique n'était pas indépendante, comme on le prétendait, du magnétisme ou diamagnétisme de la masse du cristal. En réalité, plus nous approfondissions le sujet, et plus il devenait évident pour nous que la manière dont les cristaux se comportent dans le champ magnétique étaient due, non à une force jusque-là inconnue, mais à une modification, par l'agrégation cristalline, du magnétisme et du diamagnétisme.

L'exemple le plus remarquable de l'action magnéto-cristallique introduit par Plücker et expérimenté par Faraday, était le spath d'Islande. C'est un des cristaux qu'en optique on nomme *négatifs*, et suivant la loi de Plücker, l'axe d'un semblable cristal doit toujours être repoussé par un aimant. Or nous démontrâmes qu'il suffisait de remplacer, dans la totalité ou dans une simple portion du cristal, le carbonate de chaux par du carbonate de fer, changeant ainsi le caractère magnétique du cristal sans changer son caractère optique, pour que l'axe fût attiré. Nous établîmes comme une loi générale de l'action magnéto cristallique, que les cristaux magnétiques se comportent exactement à l'inverse des cristaux diamagnétiques qui leur sont isomorphes. Dans tous les cas, la ligne qui, dans un cristal diamagnétique, prend la position équatoriale, prend toujours la position axiale dans un cristal magnétique isomorphe avec le premier. Nous réussîmes par la simple compression mécanique à amener d'autres corps à se comporter comme le spath d'Islande.

Nous publiâmes ces résultats, et beaucoup d'autres se rattachant à la même question, dans le *Philosophical Magazine* et

dans les *Annales de Poggendorff*: Un peu plus tard, je repris mes recherches sur le diamagnétisme et l'action magnéto-cristallique dans le laboratoire de M. le professeur Magnus, de Berlin. En décembre 1851, après que j'eus quitté l'Allemagne, M. le docteur Bence Jones vint dans la capitale de la Prusse voir les célèbres expériences de M. Du Bois Reymond, et sous l'influence, je le suppose, de ce qu'il entendit dire de moi, il m'invita plus tard à faire à l'Institution Royale de Londres, une des conférences du vendredi soir. J'y consentis, mais non sans craindre et trembler; car l'Institution Royale était pour moi comme l'antre du Dragon, où l'adresse et la force me seraient nécessaires pour me préserver d'une destruction complète. Le 11 février 1853, je fis ma conférence, et son issue fut heureuse. Je raconte ces faits pour avoir occasion de le dire : bien que mon objet et mon but dans cette leçon fussent de combattre à la fois les idées de Faraday et celles de Plücker, en leur opposant ce que je regardais comme la vérité, elle n'eut nullement pour effet de m'attirer l'inimitié de Faraday ou de le froisser. A la fin de la séance, il quitta son fauteuil accoutumé, traversa l'amphithéâtre, arriva jusqu'au coin dans lequel je m'étais confiné, me serra cordialement la main et me ramena vers la chaire. Une autre fois, et dans une question connexe à la précédente, je me hasardai à formuler plus énergiquement une opinion contraire à la sienne. Je le faisais, confiant dans la grandeur de son caractère, et ma confiance ne fut pas déçue. Il ne fut pas insensible au démenti que je lui donnai en public, et je me pris à me repentir du moment d'ennui que je lui avais causé; mais son mécontentement ne dura pas longtemps. Son âme était au-dessous de toute petitesse de sentiment et à l'épreuve de toute pensée d'égoïsme. Il ne cessa pas d'être avec moi ce qu'il avait été auparavant, et la seule circonstance heureuse qui me fit croire

que mon dissentiment lui avait été sensible fut un redoublement de tendresse et d'affection.

Il a fallu faire de grands efforts et des efforts longtemps soutenus, pour arriver à maitriser les complications de l'action magnétique, et faire rentrer dans le domaine des principes élémentaires les masses énormes de faits mis au jour par les expériences de Faraday et de Plücker. Il a été prouvé par MM. Reich, Edmond Becquerel et moi, que l'état en vertu duquel les corps diamagnétiques sont repoussés par les pôles d'un aimant est provoqué en eux par ces pôles; que l'énergie de l'état diamagnétique, augmente ou diminue avec la force de l'aimant qui l'a fait naître, et lui est proportionnelle. La répulsion du bismuth n'était donc pas le résultat d'une propriété permanente de ce métal, et qui n'attendait que le développement de l'aimantation pour agir sur elle, car dans ce cas, la répulsion aurait été simplement proportionnelle à la force de l'aimant, tandis que, d'après l'expérience, elle est proportionnelle au carré de cette force. La capacité de répulsion n'était donc pas inhérente au bismuth, elle était *induite*. Ce pas fait, il y avait identité d'action entre les corps magnétiques et diamagnétiques. On compara ensuite les corps magnétiques, « *normaux* » et « *anomaux* », cristallins, amorphes comprimés, avec les corps diamagnétiques cristallins, amorphes comprimés, et par une série d'expériences exécutées dans le laboratoire de cette institution, on réussit à établir l'anthithèse la plus complète entre le magnétisme et le diamagnétisme. Cette antithèse s'étendait à la qualité de la polarité, et la théorie de la polarité renversée, affirmée d'abord par Faraday, se trouva vérifiée. La controverse fut très-animée. Sur le continent, M. le professeur Guillaume Weber fut le plus habile et le plus heureux défenseur de la doctrine de la polarité diama-

gnétique; et ce fut avec un appareil de son invention construit par M. Leyser de Leipsig, qu'il réfuta les dernières objections des partisans de la doctrine opposée. Il était absolument nécessaire d'établir ce point avant d'arriver à l'explication de l'action magnéto cristallique.

Avec cet admirable instinct qui l'a toujours guidé, Faraday a vu qu'il était possible, sinon probable, que la force diamagnétique agit avec des degrés différents d'intensité dans des directions différentes, à travers la masse d'un cristal. Dans ses études sur l'électricité, il a cherché à résoudre par des expériences, la question de savoir si les corps cristallisés n'avaient pas des capacités inductives spécifiques différentes dans des sens différents, mais il ne réussit pas à constater des différences de cette nature. Ses premières tentatives, pour établir des différences d'action diamagnétiques dans les différentes directions à travers le bismuth furent aussi sans succès; mais il a dû sentir que c'était là une question d'une importance capitale, car il revint sur ce sujet en 1850, et prouva que le bismuth était repoussé avec des degrés différents de force dans les différentes directions. C'est comme si le cristal était composé de deux corps diamagnétiques de degrés différents, car la substance est repoussée moins fortement suivant son axe magnéto-cristallique que dans le sens perpendiculaire à cet axe.

J'ai moi-même obtenu peu après le même résultat que Faraday, sans savoir qu'il l'eût trouvé, et je l'ai étendu à différents autres corps, magnétiques ou diamagnétiques, et aussi à des substances comprimées.

La loi de l'action en jeu dans ces phénomènes est que, dans les cristaux diamagnétiques, la ligne le long de laquelle la répulsion est maximum, se place équatorialement dans le

champ magnétique ; tandis que dans les cristaux magnétiques la ligne suivant laquelle l'attraction est maximum, se place de pôle à pôle. Faraday a dit que la force magnéto-cristallique n'était ni une attraction ni une répulsion. En cela il avait pleinement raison. Ce n'était ni l'une ni l'autre séparément, *mais c'était toutes les deux ensemble.* En combinant la doctrine de la polarité diamagnétique avec ces attractions et répulsions differentielles, et tenant compte de la nature du champ magnétique, chaque fait mis au jour dans le domaine de l'action magnéto-cristallique s'explique d'une manière complète. On a fait voir que le plus embarrassant de ces faits résultait de l'action des couples mécaniques que la polarité reconnue du magnétisme et du diamagnétisme mettait en jeu En réalité, l'explication complète que reçoivent ainsi les expériences de Faraday, est la preuve la plus frappante possible de la précision avec laquelle elles étaient exécutées.

XIII

Magnétisme de la flamme et des gaz. — Magnétisme atmosphérique.

Lorsque Faraday avait obtenu un résultat expérimental, son imagination en tirait sur le champ des conséquences d'une grande généralité. Je n'ai jamais connu d'intelligence qu'on pût comparer à la sienne, au point de vue de la spontanéité et de l'énergie avec laquelle elle se dilatait au contact d'une nouvelle vérité physique. Quelquefois j'ai comparé l'effet des expériences sur son esprit à celui d'une matière éminemment combustible jetée dans une fournaise; chaque production d'un fait nouveau était accompagnée d'un développement immédiat de chaleur et de lumière. La lumière, éclairant son intelligence, lui faisait voir bien au-delà des limites du fait lui-même; et la chaleur, en lui causant une émotion vive, l'entrainait à la conquête du domaine qui venait de se révéler à lui. Mais quoique la force de son imagination fût énorme, il la tenait en bride comme un vigoureux cavalier, et il ne permit jamais à son intelligence de se laisser désarçonner.

En vertu de la puissance expansive de lui-même que sa vive imagination lui communiquait, il s'élève des commencements les plus petits aux fins les plus grandioses. Ayant appris de M. Zantedeschi que Bancalari avait établi le magnétisme de la flamme, il répéta ses expériences et accrut ses résultats.

Il passa de la flamme aux gaz, étudiant et révélant leurs pouvoirs magnétiques et diamagnétiques ; puis, soudain, il sauta de ses bulles d'oxygène et d'azote à l'enveloppe atmosphérique de la terre elle-même, et à ses rapports avec la grande question du magnétisme terrestre. La rapidité avec laquelle ses pensées toujours grandissantes revêtaient la forme d'expérience est incomparable. Sa puissance sous ce rapport est souvent plus éclatante dans ses recherches moins importantes; elle ne fut peut-être jamais plus étonnante que dans son mémoire « Sur l'état diamagnétique de la flamme et des gaz » publié sous forme de lettres à M. Richard Taylor, dans le « *Philosophical Magazine* » de décembre 1847. Après avoir vérifié, varié et étendu les résultats de Bancalari, il soumit à l'examen les courants d'air chaud, produits par les hélices de platine placées dans le champ magnétique, et portées à l'incandescence, par l'électricité. Il examina ensuite la manière dont se comportent généralement les gaz, soumis à l'action du magnétisme. Presque tous ces gaz étaient invisibles, et néanmoins il fallait suivre leurs traces dans leur course invisible. Il ne pouvait pas le faire en ajoutant de la fumée à ses gaz, car l'action de son aimant sur la fumée aurait troublé ses conclusions. Il emprisonna donc ces gaz dans des tubes, les mit en dehors du champ magnétique, et les força de se révéler à distance de l'aimant.

En plongeant un gaz dans un autre, il détermina leur action différentielle, et il arriva ainsi à des résultats de la plus grande portée. Les plus importants, peut-être, sont ceux obtenus avec l'air atmosphérique et ses deux principes constituants. L'*oxygène*, dans divers milieux, était fortement attiré par l'aimant; dans l'hydrogène bicarboné, par exemple, il était puissamment magnétique, tandis que l'*azote* était diamagnétique. Quelques-uns des effets obtenus avec l'oxygène

placé dans l'hydrogène carboné, sont d'une beauté surprenante. Lorsqu'on mêlait les fumées du chlorure d'ammonium (substance diamagnetique) à l'oxygène, le nuage de chlorure se comportait de la manière la plus singulière. « L'attraction de la limaille de fer, » dit Faraday, « par les pôles d'un aimant n'est pas plus frappante que le phénomène présenté par l'oxygène dans ces circonstances. »

En observant cette manière d'agir, il s'était aussitôt posé cette question. Ne pourrions-nous pas séparer l'oxygène de l'atmosphère de son azote par une analyse magnétique? C'est à l'apparition incessante de pareilles questions qu'on reconnait le grand expérimentateur. Il ne réussit pas dans son essai d'analyse de l'air atmosphérique par la force magnétique, de même qu'il avait échoue en tentant d'influencer la cristallisation par un aimant. La puissance comparativement énorme de la force de la cristallisation fut, pour lui et pour nous, une raison suffisante de l'impuissance de l'aimant à déterminer un arrangement moléculaire; dans le cas actuel, l'analyse magnétique de l'air est empêchée par la force de diffusion, qui est, elle aussi, comparativement très-grande. La même remarque s'applique à une autre expérience exécutée plus tard par Faraday, et suffit à expliquer son insuccès. L'eau est diamagnétique, le sulfate de fer est fortement magnétique. Il renferma « une solution étendue de sulfate de fer dans un tube, et plaça l'extrémité inférieure du tube entre les pôles d'un puissant aimant en fer à cheval pendant plusieurs jours de suite, » sans pouvoir produire « aucune concentration de la solution dans la portion voisine de l'aimant. » La diffusibilité du sel l'emportait trop aussi sur la force qu'on lui opposait.

Cette dernière expérience est consignée dans un Mémoire présenté à la Société Royale le 2 août 1850, Mémoire dans le-

quel il continue ses recherches sur le magnétisme des gaz. Les observations de Newton sur les bulles de savon, étaient souvent rappelées par Faraday. Il prenait aux bulles de savon autant de plaisir qu'un enfant ; il s'en servait souvent dans ses leçons, les faisant flotter, quand elles étaient pleines d'air, sur une mer invisible d'acide carbonique, et les utilisant comme moyen de démonstration. Jamais elles ne lui furent plus grandement utiles que dans ses expériences sur l'état magnétique des gaz. Une boule d'air dans un champ magnétique occupé par l'air, n'était nullement affectée, à part la faible répulsion de son enveloppe. Une boule d'azote, au contraire, était repoussée de l'axe magnétique avec une force qui surpassait de beaucoup celle d'une boule d'air. La manière dont l'oxygène se comportait dans l'air « était vraiment frappante, la bulle était poussée en dedans ou vers la ligne axiale, vivement et subitement, comme si l'oxygène était fortement magnétique. »

Ses recherches eurent ensuite pour objet d'établir le vrai zéro magnétique, problème moins aisé à résoudre qu'on ne l'aurait cru tout d'abord. En effet, l'action de l'aimant sur un gaz, tandis qu'il est environné d'air ou d'un autre gaz, ne peut être qu'une action différentielle, et si l'expérience est faite dans le vide, l'action de l'enveloppe, qui, dans ce cas, a nécessairement une certaine épaisseur, troublerait les résultats. Pendant qu'il étudiait cette question, Faraday fit quelques observations remarquables relativement à l'*espace*. En parlant du vide de Torricelli, il dit : « Peut-être n'est-il pas nécessaire de constater que dans un pareil vide, le fer et le bismuth obéissent parfaitement à l'aimant. De ces expériences, et aussi des observations et des connaissances généralement acquises, il semble résulter que les lignes de force magnétique peuvent traverser l'espace pur ou le vide, comme la force de la gra-

vité, comme les forces d'électricité statique; et que, par conséquent, l'espace a une relation magnétique qui lui est propre, relation qu'on trouvera dans la suite avoir une très-grande importance dans les phénomènes naturels. Mais ce caractère de l'espace n'est pas de la même espèce que celui que nous essayons d'exprimer par les termes de magnétisme et de diamagnétisme quand il s'agit de la matière. Les identifier, ce serait confondre l'espace avec la matière, et renverser toutes les idées à l'aide desquelles nous tâchons de comprendre le mode d'action ou les lois des forces naturelles, et de nous en former une vue de plus en plus nette. Ce serait comme si dans la gravitation ou dans les forces électriques on confondait les particules agissant les unes sur les autres avec l'espace à travers lequel elles agissent; le résultat serait de fermer la porte au progrès. Le pur espace ne peut pas agir comme la matière, quelque extension que l'on donne à l'hypothèse d'un éther; et en admettant cette hypothèse, ce serait beaucoup trop lui ajouter que de supposer que les lignes de force magnétique sont des vibrations transmises par l'éther, lorsqu'il n'est pas encore prouvé que ces lignes exigent du temps pour se propager, et sous quel rapport on pourrait, dans leur caractère général, les assimiler aux lignes de forces de la gravitation, de la lumière et de l'électricité, ou assigner la différence qui les sépare. »

Il suppose que le pur espace est le vrai zéro magnétique, sans négliger toutefois de chercher si parmi les substances matérielles il n'en est pas qui ressemblent à l'espace. Si vous suivez ses expériences, vous verrez bientôt jaillir la lumière de ses résultats. Le bras d'une balance de torsion a été suspendu à un brin de fil de soie; à l'extrémité du bras était fixée une traverse d'un pouce et demi de longueur (37,5 millimètres); des tubes de verre excessivement minces, remplis

de différents gaz, et hermétiquement scellés, ont été fixés par paires aux deux extrémités de la traverse. La position de la tête de la vis de torsion était telle que les deux tubes fussent des deux côtés et à distance égale de l'axe magnétique, c'est-à-dire de la ligne qui joignait les deux pôles très-rapprochés d'un électro-aimant. Il s'agissait de comparer l'action magnétique des gaz dans les deux tubes. Lorsqu'un tube était rempli d'oxygène et l'autre d'azote, au moment où se produisait l'action magnétique, l'oxygène était attiré vers l'axe et l'azote repoussé. En faisant tourner la vis de torsion, on pouvait les ramener à leur position primitive d'équidistance, dans laquelle évidemment l'action des enveloppes de verre était annulée. La somme de torsion nécessaire pour rétablir l'équidistance exprimait la *différence magnétique* des gaz comparés.

Faraday compara alors l'oxygène avec l'oxygène sous différentes pressions. L'un de ses tubes contenait le gaz à la pression de 30 pouces de mercure, un autre à la pression de 15 pouces, un troisième à une pression de 10 pouces; dans un quatrième on avait fait le vide aussi parfaitement qu'il est possible de le faire avec une machine pneumatique. « Lorsque le premier de ces tubes était comparé avec les trois autres, l'effet était saisissant. » Il était entraîné vers l'axe, dès que l'électro-aimant devenait actif, tandis que le tube contenant le gaz le plus rare était en apparence repoussé, et plus était grande la différence entre les densités des deux gaz, plus était grande aussi l'énergie de cette action. »

Observons maintenant la manière dont il s'y prend pour arriver à un zéro magnétique *matériel*. Lorsqu'une boule d'azote était placée dans l'air au sein du champ magnétique, elle s'éloignait de l'électro-aimant dès qu'il était excité. Un observateur moins perspicace aurait rangé l'azote parmi les

corps diamagnétiques, mais Faraday savait que l'éloignement de l'azote, dans un milieu composé en partie d'oxygène, pouvait être attribué à l'attraction de ce dernier gaz et non à la répulsion du gaz plongé dans ce milieu. Mais si l'azote est réellement diamagnétique, une boule remplie du gaz condensé devra l'emporter sur une boule remplie du gaz raréfié. A la traverse de sa balance de torsion il suspendit donc deux boules d'azote, à des distances égales de l'axe magnétique, et il trouva que la condensation ou la raréfaction du gaz dans l'une ou l'autre boule n'exerçait pas la moindre influence. Quand la force magnétique se faisait sentir, les boules restaient dans leur première position, lors même que l'une était *remplie* d'azote et qu'on avait fait le *vide* dans l'autre, autant qu'il avait été possible. L'azote, en réalité, agissait « comme l'espace lui-même ; » il n'était ni magnétique ni diamagnétique.

Il ne pouvait pas comparer convenablement la force paramagnétique de l'oxygène avec celle du fer, à cause de l'intensité magnétique excessive de cette dernière substance ; mais il la compara avec celle du sulfate de fer, et il trouva que, à égalité de volume, l'oxygène était aussi magnétique qu'une solution de ce sel dans l'eau « contenant dix-sept fois le poids de l'oxygène du proto-sulfate de fer cristallisé, ou 3,4 fois son poids de fer métallique à l'état de combinaison. » Par la propriété que possède l'oxygène de faire tourner un fil fin de verre, il trouva que l'attraction de sa boule d'oxygène contenant seulement 0,117 de grain (7,58 milligr.) de ce gaz, à une distance moyenne de plus d'un pouce (2,5 centimètres) de l'axe magnétique, était à peu près égale à la force de gravité de la même quantité d'oxygène exprimée par son poids.

Ces faits ne pouvaient pas rester un instant dans l'esprit de

Faraday sans recevoir l'expansion dont j'ai déjà parlé. « Il est à peine nécessaire, » écrit-il, « de dire ici que cet oxygène ne peut pas exister dans l'atmosphère et y exercer une quantité si remarquable et si élevée de force magnétique, sans avoir une influence des plus importantes sur la disposition du magnétisme de la terre considérée en tant que planète; surtout si l'on se rappelle que son état magnétique est grandement modifié par les variations de sa densité et par les changements de sa température. Je crois voir ici la cause réelle des variations de cette force que l'on a observées et que l'on observe maintenant avec tant de soin sur les différentes parties de la surface du globe. La variation diurne et la variation annuelle doivent vraisemblablement en dépendre l'une et l'autre; il en est de même d'un grand nombre de variations irrégulières continuelles, que les procédés d'enregistration photographique rendent si merveilleusement évidentes. Si cette espérance se confirme, si l'on trouve que l'influence de l'atmosphère est capable de produire de pareils résultats, nous trouverons probablement une nouvelle relation entre les aurores boréales et le magnétisme terrestre, à savoir, une relation établie, plus ou moins, à travers l'air lui-même, avec les espaces supérieurs. Ajoutons que des relations et des variations magnétiques non encore soupçonnées, pourront être rendues manifestes et mesurables, par le développement futur de ce que je me risque à appeler le *magnétisme atmosphérique.* Je puis être présomptueux dans mon attente, mais j'ai pour moi la réalité, la simplicité et la suffisance apparentes de la cause supposée, telle qu'elle se présente à mon esprit. Aussitôt que j'aurai soumis ces idées à un examen sérieux, que je les aurai trouvées d'accord avec l'observation, et aussi avec les expériences quand elles pourront être faites, j'aurai l'honneur de les présenter à la Société Royale. »

Deux mémoires très-achevés furent alors consacrés au magnétisme atmosphérique; le premier fut adressé à la Société Royale, le 9 octobre, et le second le 19 novembre 1850. Dans ces mémoires il discute les effets de la chaleur et du froid sur le magnétisme de l'air, et l'action sur l'aiguille aimantée qui doit résulter des changements de température. Il fait voir comment, par la convergence et la divergence des lignes de force magnétique terrestre, la distribution du magnétisme est influencée dans l'atmosphère de la terre. Il applique ses résultats à l'explication des variations annuelles et diurnes : il examine aussi les variatious irrégulières, comprenant l'action des orages magnétiques. Il discute longuement les observations faites à Saint-Pétersbourg, Greenwich, Hobarton, Sainte-Hélène, Toronto et au Cap de Bonne-Espérance, dans la ferme croyance que les faits révélés par ses expériences donnaient la clef des variations observées dans tous ces lieux.

Dans l'année 1851 j'eus l'honneur d'une entrevue avec Humboldt, à Berlin, et les dernières paroles qu'il m'adressa furent celles-ci : « Dites à Faraday que je suis entièrement d'accord avec lui, et qu'à mon avis, il a complétement expliqué la variation de la déclinaison. » Des hommes éminents m'ont appris dans la suite que Humboldt s'était trop hâté dans l'expression de cette opinion. En effet, les mémoires de Faraday sur le magnétisme atmosphérique ont perdu beaucoup, trop peut-être, de leur force, par la découverte importante de la relation entre la variation de la déclinaison et le nombre des taches solaires. Mais je suis d'accord avec lui, et avec M. Edmond Becquerel qui de son côté a travaillé sur ce sujet, à penser qu'un corps aussi magnétique que l'est l'oxygène, enveloppant la terre, et sujet à des variations de température diurnes et annnelles, doit exercer une influence sur

les manifestations du magnétisme terrestre (1). L'air qui repose sur un seul pied carré de la surface de la terre est, suivant Faraday, équivalent en force magnétique à 8 160 livres de protosulfate de fer. Une semblable substance ne saurait être absolument sans action sur la marche de l'aiguille aimantée. Mais les écrits de Faraday sur cette matière sont si volumineux, et les points théoriques auxquels il touche si nouveaux et si pleins de difficultés, que je remets l'analyse complète de ces recherches à un temps où je pourrai m'y arrêter plus longuement que mes autres obligations ne me permettent de le faire aujourd'hui.

(1) Cette persuasion a été grandement fortifiée par la lecture récente d'un Mémoire de M. Baxendell.

XIV

Spéculations. — Nature de la matière. — Lignes de force.

Le portrait scientifique de Faraday serait incomplet si nous ne parlions pas de ses écrits spéculatifs. Le vendredi 19 janvier 1844, il fit l'ouverture des réunions hebdomadaires du soir de Royal Institution par une conférence intitulée : « Théorie de la conduction électrique et de la nature de la matière. » Dans cette conférence il essaye de renverser non-seulement la théorie des atomes de Dalton, mais encore toutes les idées scientifiques ordinaires sur la nature et les relations de la force et de la matière. Il faisait à l'emploi du terme atome l'objection suivante. « Je n'ai pas encore trouvé, » dit-il, un esprit qui le distingue habituellement des idées qui l'accompagnent, et il n'y a pas de doute que les mots proportions définies, équivalents, premiers éléments, etc., qui doivent exprimer et expriment tous les *faits* de ce que l'on appelle habituellement la théorie atomique en chimie, n'aient été abandonnés, parce qu'ils n'étaient pas assez expressifs, et qu'ils ne disaient pas tout ce qui est dans l'esprit de celui qui employait le mot atome à leur place. »

On me permettra de consacrer un instant à dire ce que je pense de la position prise ici par Faraday. Le mot *atome* n'a pas

été employé à la place de proportions définies, équivalents ou premiers éléments. Ces derniers termes représentaient des faits qui découlaient de la théorie atomique, mais ne lui étaient pas équivalents. Des faits ne peuvent pas satisfaire l'esprit, et la loi des combinaisons en proportions définies une fois établie, la question « pourquoi une combinaison a-t elle lieu suivant cette loi ? » devient inévitable. Dalton répondait à cette question par l'énoncé de la théorie atomique, dont l'idée fondamentale est, à mon avis, parfaitement certaine. L'objection faite à Dalton par Faraday peut être faite avec la même force contre Newton : on peut dire au sujet des mouvements planétaires que les lois de Képler ont révélé les *faits*; que l'introduction du principe de la gravitation était une addition aux faits. Mais ceci est de l'essence de *toute* théorie. La théorie, c'est remonter par intuition du fait au principe; la conjecture ou la divination d'une certaine chose située en arrière des faits, et dont les faits découlent comme des conséquences nécessaires. Si donc la théorie de Dalton explique les proportions définies observées dans les combinaisons chimiques sa justification repose sur la même base, que celle du principe de la gravitation. Tout ce qu'on peut dire à la rigueur, dans l'un et dans l'autre cas, c'est que les choses se passent *comme si* le principe existait.

La manière dont Faraday traite habituellement les hypothèses est révélée dans cette conférence. Il s'en sert incessamment pour atteindre un but par l'expérience ; incessamment aussi, il les met de côté, comme un architecte enlève ses échafaudages quand l'édifice est achevé. « Je ne doute pas, dit-il, « que celui qui, comme un vrai philosophe, est doué d'un grande puissance de pénétration dans les secrets de la nature, et qui sait remonter par des hypothèses, à sa manière d'opérer, saura aussi, autant dans son propre intérêt

et pour marcher d'un pas sûr, que dans l'intérêt des autres, distinguer ce qui n'est qu'un ensemble de suppositions, et sous ce nom, je comprends les théories et les hypothèses de ce qui est la connaisance des faits et des lois. » Faraday lui-même allait toujours « procédant par hypothèse », et faisant de divinations théoriques, la pierre de touche du résultat de ses expériences.

J'ai déjà insisté plus d'une fois sur la promptitude avec laquelle il donnait un corps aux diverses conditions moléculaires; la spéculation qui nous occupe est un bel exemple de cette force et de ce brillant d'imagination.

Il s'accroche à la notion que la matière est faite de molécules qui ne sont pas en contact absolu, mais qui sont environnées d'un espace interatomique. « L'espace » remarque-t-il, « doit être considéré comme la seule portion continue d'un corps ainsi constitué. L'espace pénètre toutes les masses de matière dans toutes les directions comme un filet, excepté qu'au lieu de mailles il forme des cellules, qui isolent chaque atome de ses voisins, lui seul étant continu. »

« Considérons, dit-il, le cas d'un corps non conducteur de l'électricité, tel, par exemple, que la gomme laque, avec ses molécules, et leurs espaces intermoléculaires courant à travers la masse. Dans ce cas, l'espace doit être un isolant; car s'il était conducteur, il ressemblerait à *une fine toile métallique,* » pénétrant la laque dans toutes les directions. Mais le fait est qu'il ressemble à la cire de la laque noire à cacheter qui entoure et isole les particules du charbon conducteur dispersées dans toute sa masse. Par conséquent, dans le cas de la gomme laque, *l'espace est un isolant.*

Prenons maintenant le cas d'un métal conducteur. Ici nous avons comme ci-dessus l'espace enveloppant chaque atome. Si l'espace est un isolant, il ne peut y avoir transmission d'é-

lectricité d'un atome à l'autre. Mais *il y a* transmission, donc *l'espace est conducteur*. C'est ainsi qu'il s'efforce de battre en brèche la théorie atomique. « Le raisonnement, » dit-il, « finit par renverser cette théorie de fond en comble; car si l'espace est isolant, il ne peut pas exister dans les corps conducteurs, et s'il est conducteur, il ne peut pas exister dans les corps isolants. » Il ajoute, comme entraîné par l'ardeur de l'argumentation : « Toute base de raisonnement qui conduit à de pareilles conséquences, doit être en elle-même une base fausse. »

Il lance alors la théorie atomique d'une corne à l'autre de son terrible dilemme. Que savons-nous de l'atome dit-il en dehors de la force? Vous imaginez un noyau qu'on peut appeler *a*, et vous l'environnez de forces qu'on peut appeler *m*; ponr mon esprit votre *a* ou noyau s'évanouit, et la substance consiste dans l'énergie de *m*. En effet, quelle idée pouvons-nous nous former du noyau indépendant de son énergie? A quoi rattacher l'imagination d'un *a* indépendant des forces connues? » Comme Boscovich, il détruit l'atome et met à sa place un *centre de forces.*

Avec son courage et sa sincérité habituelles il poursuit son idée jusqu'aux dernières conséquences. « Cette vue théorique de la constitution de la matière » continue-t-il, « semble impliquer nécessairement cette conséquence que la matière remplit tout l'espace, ou du moins tout l'espace auquel s'étend la gravitation ; car la gravitation est une propriété de la matière dépendant d'un certaine force, et c'est cette force qui constitue la matière. A ce point de vue la matière n'est pas simplement pénétrable(1); mais chaque atome s'étend,

(1) Il compare l'impénétration de deux atomes à la coexistence de deux ondes distinctes qui, quoique fondues pour un moment en une seule masse, conservent leur individualité et se séparent ensuite.

pour ainsi dire, à travers tout le système solaire, sans cesser de conserver son centre propre de forces. »

En traitant des dernières recherches de Faraday, nous avons eu affaire aux opérations d'un esprit rempli de pensées de ce genre, profondes, étranges et subtiles à l'excès. Un flot d'idées semblables remplit une lettre adressée par Faraday à M. Richard Phillips, et publiées dans le *Philosophical Magazine* de mai 1846. Elle est intitulée : *Pensées sur les vibrations du rayon,* » et elle contient une des plus singulières théories qui soient jamais sorties de l'esprit d'un savant. Il importe de rappeler ici que quoique Faraday vécût au milieu de spéculations de cette nature, il n'en faisait pas un bien grand cas, et qu'il était prêt à tout moment à les modifier ou à les laisser de côté. Elles l'aiguillonnaient, mais elles ne le captivaient pas. Ses idées théoriques coulaient si l'on peut s'exprimer ainsi, et lorsque des esprits moins souples que le sien voulaient donner de la consistance à ces images fugitives, il se révoltait. Il avertit d'ailleurs M. Phillips que de la première à la dernière, ce sont des reflets des vagues impressions de son esprit, une simple matière à reflexion; et qu'il ne les présente pas comme résultat de méditations suffisantes, comme conviction arrêtée, ou même comme une conclusion probable à laquelle il serait arrivé.

Le point capital de cette communication est que la force de gravité agit en lignes à travers l'espace, et que les vibrations de la lumière et de la chaleur rayonnantes sont fournies par les frémissements de ces lignes de force. « Cette idée, » dit-il « si on l'admet, permet de se passer de l'éther que, dans une autre théorie, on suppose être le milieu au sein duquel ces vibrations se produisent. » Il ajoute plus loin que sa théorie tend à supprimer l'éther, mais non les vibrations. L'idée mise ici en avant est le complément naturel de l'opinion émise auparavant

par lui : que la force de la gravité constitue la matière, chaque atome s'étendant, pour ainsi dire, à tout le système solaire.

La lettre à M. Phillips se termine par cette belle conclusion : « Il est probable, je crois, que j'ai commis plusieurs erreurs dans les pages précédentes, car mes idées sur cette question ne m'apparaissent à moi-même que comme l'ombre d'une théorie, ou comme une de ces impressions de l'esprit dont on peut faire pour un temps les guides de sa pensée et de ses recherches. Celui qui poursuit des recherches expérimentales sait combien elles sont nombreuses et combien souvent leur convenance et leur beauté apparentes s'évanouissent devant le progrès et le developpement des vérités naturelles certaines.

Rappelons que Faraday avait sur la matière et la force des notions tout à fait différentes des idées généralement admises par les savants. La force lui semblait être une entité résidant le long de la ligne suivant laquelle elle s'exerce. Les lignes le long desquelles la gravité agit entre le soleil et la terre, semblent représentées dans son esprit par un certain nombre de cordes élastiques ; il accepte en effet l'instantanéité supposée de la gravité comme l'expression de l'énorme élasticité des « lignes de poids. » De semblables idées, devenues fecondes, dans le cas du magnétisme, infecondes jusqu'ici dans le cas de la gravitation, expliquent les efforts qu'il a faits pour transformer cette dernière force. Lorsqu'il allait en plein air et laissait tomber ses helices, les yeux de son esprit croyaient les voir traverser les lignes de gravité, et de là son espoir et sa conviction qu'il devait se produire et qu'il se produirait tôt ou tard un effet quelconque. Il ne faut pas perdre de vue que la difficulté rencontrée par Faraday dans la poursuite de ces conceptions est au fond celle qu'eprouvait Newton ; qu'essayer

de franchir cette difficulté, c'était probablement essayer de franchir les limites imposées à l'intelligence même. L'idée de lignes de force magnétique fut suggérée à Faraday par l'arrangement linéaire de la limaille de fer répandue sur un aimant. Il expose et démontre par des dessins la déviation à la fois convergente et divergente des lignes de force, lorsqu'elles traversent respectivement des corps magnétiques et diamagnétiques. Ces notions de concentration et de divergence sont aussi basées sur l'observation directe de sa limaille. Il a médité si longtemps sur ces lignes, il les a si habituellement associées à ses expériences sur les courants induits, que cette association est devenue « indissoluble, » et qu'il ne pouvait pas penser sans elles. « Je me suis tellement accoutumé à les employer, » écrit-il, « surtout dans mes dernières recherches, que je me suis prévenu en leur faveur sans m'en apercevoir, et que j'ai cessé d'être un juge clairvoyant. Cependant quoique je me sois toujours efforcé de soumettre à l'épreuve et au contrôle de l'expérience ces théories ou ces opinions, je n'ai été conduit ni par l'expérience, ni par l'examen approfondi du principe, à reconnaître que leur emploi ait pu m'induire en erreur. »

Dans ses dernières recherches sur l'action magnéto-cristallique, l'idée de lignes de forces est largement appliquée, et elle l'a conduit en effet à une expérience qui touche à la base de toute la question. Dans les recherches suivantes sur le magnétisme atmosphérique, l'idée reçoit une application encore plus étendue, et se montre merveilleusement flexible et commode. Sans cette conception, en effet, il y aurait une difficulté extrême à saisir les actions magnétiques, possibles ou réelles, de l'atmosphère ; mais la notion de lignes de force, de leur convergence et de leur divergence, guide Faraday sans embarras à travers toutes les complications de la ques-

tion. Après avoir complété ses recherches, il s'appliqua à développer et à demontrer son idée favorite dans un mémoire adressé à la Société Royale le 22 octobre 1851. Il a pour titre *Sur les lignes de force magnétique, leur caractère défini et leur distribution, dans l'intérieur d'un aimant et dans l'espace.* Le caractère saillant de ce mémoire est d'avoir été profondément réfléchi. Il ne se complait que secondairement dans les expériences pourtant très-belles et très-fécondes en conséquences. Son but est de faire ressortir l'utilité de sa conception des lignes de force. « L'étude de ces lignes, » dit-il, « a plusieurs fois exercé une grande influence sur mon esprit en me conduisant à différents résultats qui prouvent, je l'espère, leur utilité aussi bien que leur fécondité. »

Faraday a longtemps fait usage des lignes de force comme d'un mode de représentation des idées. Il sembla pendant quelque temps avoir de la répugnance à aller dans l'expression au-delà des lignes de force elles-mêmes, alors que dans sa pensée il a pu aller bien au-delà. Il est certain qu'il a cru qu'elles existaient en tout temps autour d'un aimant, indépendamment même de l'existence d'une substance magnétique, telle que la limaille de fer, extérieure à l'aimant. Sans aucun doute l'espace autour de chaque aimant se présentait à son imagination comme traversé par des bandes de force magnétique; mais il parlait avec réserve du substratum ou milieu physique de ces bandes : on peut même douter que la théorie physique des lignes de force se soit présentée à son esprit avec quelque netteté. Il a cru à la possibilité de l'intervention de l'éther dans les phénomènes magnétiques. Comment la force magnétique est-elle transmise à travers les corps ou à travers l'espace ? Nous ne le savons pas, dit-il. Cette transmission est-elle le résultat d'une pure action à distance, comme dans le cas de la pesanteur, ou se fait-elle

par un agent intermédiaire comme dans le cas de la lumière, de la chaleur, des courants électriques, et (comme je le pense) de l'électricité statique? L'idée de fluides magnétiques, telle que quelques-uns la comprennent, ou de centres magnétiques d'action, n'implique pas l'idée de ce dernier mode de transmission; *mais il en est autrement de l'idée des lignes de force.* » Et il continue ainsi : « J'incline à penser que dans la transmission de la force (magnétique), il y a une action de ce genre (un agent intermédiaire) extérieur à l'aimant, plutôt qu'à admettre que les effets sont simplement des attractions et des répulsions à distance. *L'action ou affection dont il s'agit ici pourrait être une fonction de l'éther; car il n'est pas tout à fait invraisemblable que, s'il y a un éther, il doive servir simplement à transmettre des radiations.* » Lorsqu'il parle, dans certains cas de l'aimant « en rotation au milieu de ses propres forces, » il semble avoir en vue quelque conception de ce genre.

Une grande partie des recherches terminées en octobre, 1852, roule sur les mouvements des fils autour des pôles d'un aimant, et réciproquement. Il disposa un fil isolé le long de l'axe d'un barreau aimanté creux, du pôle à l'équateur, par où le fil sortait en se courbant, de manière que ses deux extrémités réunies fissent une sorte de bride ou de ganse. Il avait ainsi un circuit complet qui sur aucun point n'était en contact avec l'aimant. Il trouva que quand l'aimant et le fil extérieur tournaient ensemble, aucun courant n'était produit; tandis que, quand l'un des deux tournait, l'autre restant en repos, il se développait des courants. Il abandonna ensuite le fil axial, et mit l'aimant à sa place. Le résultat fut le même (1); le mouvement *relatif* de l'aimant et

(1) Sous cette forme l'expérience est identique à une autre qui avait été faite vingt ans auparavant. Voyez, p. 24.

de la ganse était la cause de la production d'un courant.

Les lignes de force ont leur point de départ dans l'aimant, et quoiqu'elles puissent s'étendre à l'infini dans l'espace, elles reviennent définitivement à l'aimant. Ces lignes peuvent être traversées tout près ou à une certaine distance de l'aimant. Faraday trouve que la *distance* est tout à fait sans influence aussi longtemps que le *nombre* de lignes reste le même. Par exemple, lorsque la bride qui joint l'équateur et le pôle du barreau aimanté forme une révolution complète autour de l'aimant, il est évident que toutes les lignes qui partent de l'aimant sont traversées à la fois. Que la bande ait dix pieds ou dix pouces de longueur, qu'elle soit tordue ou contournée, qu'elle soit tout près de l'aimant, ou aussi éloignée qu'on voudra, une révolution produira toujours la même quantité d'électricité dynamique, parce que dans tous les cas toutes les lignes de force émanant de l'aimant sont traversées *une fois* et pas davantage.

De la partie extérieure du circuit, il passe par la pensée à la partie intérieure, et il suit les lignes de force dans le corps même de l'aimant. Sa conclusion est qu'il existe à l'intérieur de l'aimant des lignes de force de la même *nature* que les lignes à l'extérieur. Il y a plus, elles sont égales en quantité à celles du dehors. Elles sont aussi en rapport de direction avec les lignes extérieures; et dans le fait elles en sont la continuation, le prolongement..... Chaque ligne de force par conséquent, à quelque distance de l'aimant qu'on puisse la prendre, doit être considérée comme un circuit fermé, passant à travers l'aimant dans quelque partie de sa course, et ayant la même somme de force dans chaque partie de sa course.

Tous les résultats que nous venons d'énumérer ont été obtenus avec des *métaux en mouvement*. « Mais, » ajoute-t-il avec

une profonde sagacité « un simple mouvement ne peut engendrer une relation qui n'a pas pour base l'existence de quelque état antérieur; et par conséquent les métaux *quiescents* ou en repos, doivent être dans un certain rapport avec le centre actif de force, » c'est-à-dire avec l'aimant. Il touche ici au cœur de la question, et lorsque nous pourrons constater l'état dans lequel se trouve le fil conducteur *avant* d'être mis en mouvement, nous serons en état de comprendre la constitution physique du courant électrique engendré par son mouvement.

Dans ces expériences Faraday avait opéré avec des aimants d'acier, dont la force varie avec la distance à l'aimant. Il chercha ensuite un *champ uniforme* de force magnétique, et il le trouva dans l'espace en tant que soumis à l'influence du magnétisme de la terre. Le mémoire envoyé à la Société royale le 31 décembre 1851, a pour titre : « Sur l'emploi du courant induit magnéto-électrique pour reconnaître et mesurer les forces magnétiques. » Il forme avec des fils des rectangles et des anneaux, et par un artifice aussi simple qu'ingénieux, il réunit les courants opposés développés en eux par la rotation à travers les lignes terrestres de force magnétique. Il fait varier les formes de ses rectangles en maintenant leurs aires constantes, et il trouve que la même aire produit toujours dans sa révolution la même quantité de courant. Cette quantité dépend seulement du nombre de lignes de force traversées, et lorsque ce nombre est maintenu constant, le courant demeure aussi constant. Il a donc continuellement sous les yeux les lignes de force magnétique, il s'en sert pour recueillir les faits, et par les inspirations qu'il en reçoit, il recule prodigieusement les limites de nos connaissances expérimentales. La beauté et l'exactitude des résultats de ces dernières recherches sont extraordinaires. Je ne puis, pendant que je

les résume, me défendre de penser que cette découverte de l'électricité par les aimants (la magnéto-électricité) est la plus grande conquête expérimentale qu'un physicien chercheur ait jamais obtenue. C'est le Mont-Blanc des œuvres de Faraday. Il a toujours opéré à de grandes hauteurs, mais il n'avait jamais atteint un sommet plus élevé.

XV

Unité et convertibilité des forces naturelles. — Théorie du courant électrique.

Les termes *unité* et *convertibilité*, appliqués aux forces naturelles sont souvent employés dans ces recherches, et l'on trouve exprimées à ce sujet, dans les mémoires de Faraday, un grand nombre de pensées brillantes et profondes. Les travaux récents ont beaucoup augmenté nos connaissances sur la corrélation des forces naturelles, et il me semble qu'il est à propos d'entrer ici dans quelques détails pour écarter certains malentendus qui paraissent exister parmi les savants au sujet de cette corrélation.

Le fond tout entier d'*énergie* ou de *pouvoir moteur* en jeu dans le monde consiste en *attractions, répulsions* et *mouvements*. Si les attractions et les répulsions sont dans des conditions telles qu'elles puissent produire du mouvement, elles deviennent des sources de puissance active, mais non pas autrement. Pour simplifier, bornons-nous au cas de l'attraction. L'attraction exercée entre la terre et un corps à une certaine distance de la surface de la terre est une source de puissance active ; parce que le corps peut être mis en mouvement ou soulevé par l'attraction, et qu'en retombant sur la terre il peut produire un travail. Lorsqu'il repose à la surface de la

terre, il *n'est pas* une source active de puissance ou d'énergie, parce qu'il ne peut tomber plus bas. Mais quoiqu'il ait cessé d'être une source d'*énergie*, l'attraction produite par la gravité agit encore comme une *force*, pressant la terre et le poids l'un contre l'autre.

Les mêmes remarques s'appliquent aux attractions des atomes et des molécules. Tant qu'un espace les sépare, ils peuvent se mouvoir dans cet espace en obéissant à l'attraction, et le mouvement ainsi produit peut, par des applications convenables, engendrer un travail mécanique. Lorsque, par exemple, deux molécules d'hydrogène s'unissent à une molécule d'oxygène pour former de l'eau, les molécules sont d'abord entraînées l'une vers l'autre; elles se meuvent, elles se choquent, et en rebondissant elles reculent et tremblent ou vibrent. Nous donnons à ce mouvement de trépidation ou de vibration le nom de chaleur. Le mouvement de vibration est simplement une restitution ou une distribution nouvelle du mouvement produit par l'affinité chimique; et c'est dans ce sens seulement qu'on peut dire que l'affinité chimique est convertie en chaleur. Nous ne devons pas nous imaginer que l'*attraction* chimique soit détruite, ou convertie en autre chose. Car lorsque les atomes ont lutté pour former une molécule d'eau, ils sont retenus ensemble par cette même attraction qui les a entraînés les uns vers les autres. Ce qui a été réellement dépensé est l'effort exercé à travers l'espace dont la distance entre les molécules a été diminuée, ou que les molécule ont parcouru pour s'unir.

Ceci bien compris, on voit aussitôt que l'on peut dire, dans ce sens, que la *gravité* est convertible en chaleur; qu'en réalité elle n'est pas plus un agent immuable et inconvertible, comme on le dit quelquefois, que ne l'est l'affinité chimique. En exerçant un certain effort à travers un certain

espace, un corps vient se heurter contre la terre avec une vitesse déterminée. Par là il se développe de la chaleur, et c'est seulement dans ce sens qu'on peut dire que la gravité est convertie en chaleur. Dans aucun cas, la *force* qui produit le mouvement n'est anéantie ou changée en quelque autre chose. L'*attraction* mutuelle de la terre et du poids existe lorsqu'ils sont en contact aussi bien que lorsqu'ils sont séparés; mais cette attraction ne possède pas la faculté de s'employer elle-même à produire du mouvement.

La transformation, dans ce cas, se laisse facilement suivre par l'œil de l'esprit. Le poids, dans son ensemble, est d'abord mis en mouvement par l'attraction de la gravité. Ce mouvement de la masse est arrêté par son choc contre la terre, il se brise en frémissements ou vibrations auxquels nous donnons le nom de chaleur.

Et si nous renversons l'opération, si nous faisons servir ces vibrations de chaleur à élever un poids, comme cela a lieu par l'intermédiaire d'un fluide élastique dans la machine à vapeur, une certaine portion définie du mouvement moléculaire est détruite ou dépensée dans l'élévation du poids. Dans ce sens, et dans ce sens seulement, on peut dire que la chaleur est convertie en gravité, ou plus exactement, en énergie potentielle de gravité. Ce n'est pas que la destruction de la chaleur ait créé une *nouvelle* attraction, mais simplement que la vieille attraction a maintenant reçu le pouvoir d'exercer un certain effort déterminé dans l'intervalle entre le point de départ du poids qui tombe et son choc contre la terre.

Il en est de même relativement à l'attraction magnétique : lorsqu'une sphère de fer, placée à une certaine distance d'un aimant, se précipite vers l'aimant, et que son mouvement est arrêté par le choc, il se produit un effet qui est mécani-

quement le même que celui produit par l'attraction de la gravité. L'attraction magnétique donne naissance au mouvement de la masse, et la suspension du mouvement de masse produit de la chaleur. C'est dans ce sens, et dans ce sens seulement, qu'il y a transformation du travail magnétique en chaleur. Et si par l'action mécanique de la chaleur mise en jeu au moyen d'une machine convenable, la sphère est arrachée à l'aimant et replacée à une certaine distance, l'aimant reçoit par là le pouvoir d'exercer un effort à cette distance et de produire un nouveau mouvement de la sphère : dans ce sens, et seulement dans ce sens, la chaleur est convertie en énergie magnétique potentielle.

Lors donc que ceux qui écrivent sur la conservation de l'énergie parlent d'efforts *consommés* et *engendrés*, ils ne veulent pas dire par là que d'anciennes attractions ont été anéanties, et que de nouvelles attractions ont été appelées à l'existence ; mais que, dans un cas, le pouvoir de l'attraction pour produire du mouvement a été diminué parce qu'on a raccourci la distance entre les corps qui s'attiraient, et que dans l'autre cas le pouvoir de produire du mouvement a été augmenté par l'accroissement de la distance. Ces remarques s'appliquent à tous les corps, aux masses sensibles aussi bien qu'aux molécules.

Nous ne savons rien de la qualité intime qui rend la matière apte à attirer la matière ; et la loi de la conservation ne nous apprend rien relativement à cette qualité. Elle prend les faits d'attraction comme ils sont, et elle affirme seulement la constance de la puissance motrice. Cette puissance peut exister sous la forme de MOUVEMENT ; elle peut exister aussi sous la forme de FORCE, *avec distance à travers laquelle elle agit*. La première est l'*énergie dynamique*, la seconde est l'*énergie potentielle*, et la constance de la somme de ces deux

énergies est affirmée par la loi de la conservation. La *convertibilité* des forces naturelles consiste seulement dans les transformations de l'énergie dynamique en énergie potentielle, et de l'énergie potentielle en énergie dynamique, transformations qui se produisent sans cesse. La convertibilité de la force n'a actuellement aucune autre signification scientifique.

Un homme soulève un poids par la contraction d'un muscle; Mais le muscle ne peut se contracter que par l'oxydation de son propre tissu ou du sang qui le traverse. Un mouvement moléculaire est ainsi converti en mouvement mécanique. Supposons que le muscle se contracte sans soulever un poids, l'oxydation se produira encore, mais toute la chaleur produite par l'oxydation sera dégagée *dans le muscle lui-même*. Il n'en est pas ainsi lorsqu'il exécute un travail extérieur ; pour exécuter ce travail, une certaine portion définie de la chaleur d'oxydation doit être dépensée. Elle est ainsi dépensée à porter le poids à distance de la terre. Si on laisse tomber le poids, la chaleur engendrée par son choc contre la terre compensera exactement ce qui a fait défaut dans le muscle pendant qu'il soulevait le poids. Dans le cas que nous supposons, nous avons conversion d'une action moléculaire des muscles en énergie potentielle de gravité, et conversion de cette énergie potentielle en chaleur; mais la chaleur apparaît à une certaine distance de son origine réelle dans le muscle. Toute l'opération consiste dans le transport au poids de l'action moléculaire du muscle, et la force de gravité est simplement l'agent intermédiaire par le moyen duquel ce transport est effectué.

Ces considérations nous aideront à nous former une idée des transformations qui se produisent lorsqu'on fait mouvoir un fil à travers les lignes de force dans un champ magné-

tique. On dit communément, dans ce cas, qu'il y a conversion du magnétisme en électricité. Mais essayons de comprendre ce qui se passe réellement. Pour simplifier, et avec l'intention de le traduire autrement plus tard, adoptons pour un moment l'idée provisoire de l'existence dans le fil d'un fluide composé, formé d'électricité positive et d'électricité négative, en quantités égales et par conséquent se neutralisant parfaitement l'une et l'autre, quand le fil est en repos. Par le mouvement du fil vers l'aimant, mouvement produit, par exemple, avec la main, la force que les Allemands appellent *Scheidungs-Kraft, force de séparation*, est mise en jeu; cette force sépare les fluides mélangés, et les entraine sous forme de deux courants, l'un positif et l'autre négatif, dans des directions contraires le long du fil. La présence de ces deux courants évoque ou fait naître une force de *répulsion* entre l'aimant et le fil; et pour faire rapprocher l'un de l'autre, il faut vaincre cette répulsion. L'acte de vaincre cette répulsion est de fait le travail accompli dans l'acte de séparation et d'impulsion communiquée aux deux électricités. Lorsqu'on éloigne le fil de l'aimant, une seconde *Scheidungs-Kraft*, ou force de séparation, entre de même en jeu; mais maintenant c'est une attraction qu'il faut surmonter. En la surmontant, on développe deux courants dans des directions opposées à celles des courants précédents; le courant positif prend la place du courant négatif, et le négatif la place du positif; et surmonter l'attraction, c'est faire précisément le travail qui sépare et met en mouvement les deux électricités.

L'action mécanique qui se produit ici diffère de celle qui se produit quand une sphère de fer doux est séparée d'un aimant, puis attirée de nouveau. Dans ce cas, de la force musculaire est dépensée dans l'acte de la séparation, et l'attraction de l'aimant opère la réunion. Dans le cas du fil mis en

mouvement, on surmonte aussi une résistance en l'éloignant de l'aimant, et jusqu'ici l'action est mécaniquement la même que lorsqu'on éloigne la sphère de fer. Mais lorsque le fil a cessé de se mouvoir, l'attraction cesse; et bien loin qu'il survienne une action semblable à celle qui ramène la sphère vers l'aimant, on a, pour les réunir, à vaincre une répulsion.

Il n'y a pas ici d'énergie potentielle communiquée par l'éloignement ou par le rapprochement du fil, et la seule force réellement transformée ou convertie dans l'expérience est la force musculaire. Il ne se produit rien qu'on puisse appeler strictement une conversion de magnétisme en électricité. L'oxydation musculaire qui fait mouvoir le fil manque à produire *dans l'intérieur du muscle* sa quantité propre de chaleur; une partie de cette chaleur équivalente à la résistance vaincue apparait à sa place dans le fil en mouvement.

Cet effet est-il une attraction et une répulsion à distance? Si cela est, pourquoi cessent-elles l'une et l'autre quand le fil cesse de se mouvoir? Dans le fait, la manière dont le fil se comporte ressemble plus à celle d'un corps qui se meut *dans un milieu résistant* qu'à toute autre chose, la résistance cessant quand le mouvement est supendu. Imaginons le cas d'un liquide si mobile que la main puisse aller et venir sans rencontrer de résistance sensible. C'est comme le mouvement d'un conducteur dans le champ non excité d'un électro-aimant. Maintenant supposons un corps qui, placé dans le liquide, ou agissant sur lui, lui communique la propriété d'être *visqueux*, la main ne pourra plus se mouvoir librement. Dans son mouvement, mais seulement alors, elle rencontrera de la résistance et la surmontera. Nous avons représenté ainsi grossièrement le cas du champ magnétique excité, et dans les deux cas le résultat est substantiellement

le même. Dans les deux cas, de la chaleur sera engendrée, à la fin, en dehors du muscle, et sa quantité sera exactement équivalente à la résistance vaincue.

Poussons l'analogie un peu plus loin; supposons que dans le cas du fluide rendu visqueux, comme nous le supposions tout à l'heure, la viscosité ne soit pas assez grande pour empêcher la formation des *ondes* quand la main se meut dans le liquide. Alors le mouvement de la main, avant sa conversion finale en chaleur, existera pour un temps sous forme de mouvement ondulatoire qui, en s'éteignant, augmentera son équivalent de chaleur. Cette phase intermédiaire, dans le cas de notre fil en mouvement, est représentée par la période *pendant laquelle le courant électrique s'écoule par le fil;* mais ce courant, comme les ondes de notre liquide, s'arrête bientôt, parce que, comme elles, il se convertit en chaleur.

Ces mots expriment-ils l'ombre au moins de la réalité? Des spéculations de cette nature ne sont pas dangereuses quand on ne les énonce pas dogmatiquement. J'avoue que des idées comme celles que je viens d'indiquer exercent une puissante fascination sur mon esprit. Le champ magnétique est-il donc réellement visqueux, et s'il l'est, quelle substance s'est ainsi introduite dans le champ et dans le fil pour produire la viscosité? Rappelons d'abord les faits connus, nous reporterons ensuite notre esprit vers leur cause. Lorsque le fil s'approche de l'aimant, il se produit en lui une action qui le parcourt avec une vitesse comparable à celle de la lumière. Une seule substance dans l'univers a été reconnue jusqu'ici capable de transmettre la force avec cette vitesse; c'est l'éther lumineux. Non-seulement la rapidité de sa propagation, mais son aptitude à produire le mouvement de la lumière et de la chaleur, indiquent que le courant électrique est aussi en mouvement (1).

(1) M. Clerk Maxwell a publié récemment une étude extrêmement im-

Il existe en outre, une ressemblance frappante entre l'action des bons et des mauvais conducteurs d'électricité et l'action des corps diathermanes et adiathermanes de la chaleur rayonnante. Le corps bon conducteur est diathermane relativement au courant électrique; il permet une transmission libre sans développement de chaleur. Le mauvais conducteur est adiathermane pour le courant électrique; et voilà pourquoi le passage à travers celui-ci est accompagné d'un développement de chaleur. Je suis très-porté à admettre que le courant électrique, pur et simple, est un mouvement de l'éther seulement; les bons conducteurs étant constitués de telle sorte que le mouvement puisse se propager à travers leur éther sans transport sensible de leurs atomes, tandis que dans le cas des mauvais conducteurs, ce transport des atomes a lieu, et le mouvement transmis apparaît sous forme de chaleur (1).

Je ne sais si Faraday aurait souscrit à ce que j'écris ici; probablement que sa prudence habituelle l'aurait empêché de s'abandonner à quelque chose d'aussi nettement défini. Mais quelques idées semblables ont occupé son esprit et coloré son langage dans tout le cours des dernières années de sa vie. Je n'oserais pas dire qu'il fut toujours heureux dans la discus-

portante qui se rattache à cette question. L'admirable esprit philosophique de M. Maxwell se révèle jusque dans les parties non mathématiques de ses mémoires. En ce qui regarde le merveilleux usage de l'imagerie scientifique, je ne connais personne qui l'égale dans la netteté de la conception et de l'impression.

(1) Il existe naturellement une différence importante entre l'effet du mouvement dans le champ magnétique et le mouvement dans un milieu résistant. Dans le premier cas, la chaleur est engendrée dans le *conducteur en* mouvement; dans le second cas, elle est engendrée en partie dans le milieu.

sion de ces notions théoriques. Quand il raisonne, il mêle ensemble la lumière et l'obscurité dans des proportions diverses, et nous emporte avec lui à travers de brusques alternatives de l'une et de l'autre. Il est impossible de dire l'influence qu'aurait eue sur son travail une certaine dose de savoir mathématique. Nous ne savons pas ce que cette influence aurait produit sur la puissance d'inspiration qui l'entraînait; si elle l'aurait intimidé, si elle l'aurait empêché de pénétrer de force dans des places dont l'absence de toute théorie ne lui défendait pas l'entrée. S'il en avait été ainsi, nous pourrions nous réjouir de ce que ce puissant sondeur de la mine des connaissances naturelles ait pu sans entraves manier sa pioche à sa manière. On peut avouer sans hésitation que les écrits purement spéculatifs de Faraday manquent souvent de cette précision que donne la pratique des mathématiques. Mais force est de reconnaître qu'ils sont souvent traversés par des éclairs de sagacité divinatrice qui feront l'admiration des connaisseurs dans tous les âges futurs; en même temps que les faits, les relations, les principes et les lois que ses expériences ont mis en évidence, deviendront incontestablement le corps de grandes théories à venir.

XVI

Résumé.

Lorsque d'un sommet élevé des Alpes, l'œil du touriste parcourt les profils des montagnes qui l'entourent, il constate qu'elles se rapportent pour la plupart à des groupes distincts, dont chacun est formé d'une masse dominante, environnée de pics d'une moindre élévation. La force qui a soulevé les masses les plus proéminentes en a presque toujours soulevé d'autres moins fortes à des hauteurs presque égales. C'est ce qui a lieu pour les découvertes de Faraday. En règle générale, le résultat dominant n'est jamais isolé, mais il forme le point culminant d'une grande masse de recherches très-variées. C'est ainsi qu'autour de sa grande découverte de l'induction magnéto-électrique se groupent d'autres travaux très-importants. Ses investigations sur l'extra-courant, sur la polarité et les autres conditions des corps diamagnétiques, sur les lignes de force magnétique, leur caractère défini et leur distribution, sur les phénomènes révulsifs du champ magnétique, etc., font toutes partie, nonobstant la diversité des titres, de son excursion dans le domaine de l'induction magnéto-électrique.

Le second groupe de ses recherches et découvertes embrasse les phénomènes chimiques du courant. Ici le résultat dominant est la grande loi de la décomposition électro-chimique

en proportions définies, autour de laquelle se massent des études variées sur la conduction électro-chimique, et l'électrolyse soit avec la machine, soit avec la pile. A ce groupe appartient encore son analyse de la théorie du contact, ses vues sur l'origine de l'électricité voltaïque, et le développement final de sa théorie chimique de la pile.

Sa troisième grande découverte est la magnétisation de la lumière, que, parmi les montagnes, je comparerai au Weisshorn, sublime, admirable et complétement isolé.

Le résultat dominant de son quatrième groupe de recherches est la découverte du diamagnétisme, présenté dans son mémoire comme la condition magnétique de toute matière, et autour de laquelle sont groupées ses expériences sur le magnétisme de la flamme et des gaz, sur l'action magnéto-cristallique, sur le magnétisme atmosphérique dans ses rapports avec les variations annuelles et diurnes de l'aiguille aimantée dont la portée entière ne s'est pas encore révélée.

Telles sont les découvertes capitales de Faraday, celles sur lesquelles repose surtout sa renommée. Même sans elles, il lui en resterait encore assez pour lui assurer une réputation scientifique imposante et durable. Car nous aurions toujours ses recherches sur la liquéfaction des gaz; sur l'électricité de frottement; sur l'électricité de la gymnote; sur l'origine de la force dans la machine hydro-électrique, dont nous n'avons rien dit dans l'analyse du mémoire qui précède; sur les rotations électro-magnétiques; sur la regélation; toutes ses recherches purement chimiques, y compris sa découverte de la benzine. Ajoutons qu'il a publié une multitude de petites dissertations dont la plupart, sous un jour ou sous un autre, font briller son génie. Je n'ai point fait allusion à la force et à la douceur de son enseignement; mais en le prenant tout entier, on accordera, je l'espère, que Michel Faraday a été le

plus grand philosophe expérimentateur que le monde ait jamais vu ; et, c'est ma conviction profonde, les progrès des recherches à venir ne tendront jamais à obscurcir ou à amoindrir, mais bien plutôt à rehausser et à glorifier les travaux de ce puissant chercheur.

XVII

Éclaircissements sur le caractère de Faraday.

Jusqu'ici, je me suis borné à traiter des matières qui intéressaient principalement l'homme de science, en m'efforçant néanmoins de les exposer d'une manière qui ne rebute point la généralité des lecteurs désireux de connaître Faraday inventeur. Je laisse à d'autres le soin de présenter au monde le portrait de l'homme. Vous me permettrez, toutefois, d'ajouter à l'analyse qui précède quelques réminiscences personnelles et des remarques tendant à rattacher Faraday à un monde plus étendu que celui de la science, le monde du cœur humain en général.

Un mot ajouté à ce qui a déjà été dit de sa vie conjugale doit trouver ici sa place. Comme précédemment, Faraday sera son propre historien. Je trouve écrit de sa main, à la troisième personne, le paragraphe suivant : « Le 12 juin 1841, il s'est marié ; cet événement a contribué plus qu'aucun autre à son bonheur sur la terre et à l'état sain de son esprit. Cette union s'est continuée pendant vingt-huit ans, sans avoir changé en rien, sinon dans la profondeur et l'énergie de son attachement. »

Les ancêtres immédiats de Faraday habitaient une petite

commune appelée Clapham Wood Hall, dans le Yorkshire. Là vivaient Robert Faraday et Élisabeth sa femme, père et mère de dix enfants dont l'un, James Faraday, né en 1761, fut le père de l'illustre savant. Une tradition de famille veut que les Faraday aient été originaires de l'Irlande. Faraday m'a rappelé plus d'une fois que du sang celtique coulait en partie dans ses veines, sans qu'il ait jamais pu dire à quel degré, ni à quelle époque l'infusion avait eu lieu. Il savait imiter le jargon irlandais, et sa merveilleuse vivacité lui venait peut-être de son extraction. Mais il avait d'autres qualités qu'il serait difficile de faire découler de son origine irlandaise. La plus prononcée était son sentiment de l'ordre qui, comme un faisceau lumineux, éclairait tous les détails de sa vie. Les matières les plus embrouillées et les plus compliquées se changeaient dans ses mains en flots d'harmonie. Sa manière de tenir ses comptes faisait l'admiration des directeurs de cette Institution. Sa science n'était pas moins bien coordonnée. Dans ses recherches expérimentales, il numérotait chaque paragraphe, et rattachait ensemble les différentes parties par des renvois continuels. Les notes manuscrites de ses recherches expérimentales, heureusement conservées, sont également numérotées; le dernier paragraphe porte le chiffre 16041. Dans son application au travail, il déployait la ténacité d'un Allemand. Sa nature le portait toujours en avant, et derrière chaque impulsion surgissait une force qui ne lui permettait jamais de battre en retraite. Si, dans ses moments d'ardeur, il formait une résolution, il lui restait fidèle dans ses moments de calme. Son feu s'alimentait d'un combustible solide, et non pas de gaz qui s'enflamme et s'éteint subitement.

J'ai besoin ici de faire appel à votre bienveillance en raison des limites dans lesquelles je dois me renfermer. Je n'ai pas entre les mains les matériaux nécessaires pour écrire la vie

de Faraday, et ce qu'il me reste à dire appartient presque entièrement à nos relations personnelles.

J'ai devant moi des lettres de lui, qui embrassent une période de seize années, et dont chacune contient quelque expression caractéristique, forte, mais délicate dans le conseil, joyeuse dans l'encouragement, et chaude dans l'affection. Elles renferment des allusions qui ne pourraient que leur être très-agréables s'ils vivaient encore, à Humboldt, Biot, Dumas, Chevreul, Magnus et Arago. Ces noms tombent par hasard sous mes yeux ; mais il en faudrait beaucoup d'autres pour compléter la liste de ses amis du continent. Il attachait beaucoup de prix à l'affection et à la sympathie des hommes compétents, un plus grand prix même qu'à la renommée que sa science lui avait faite. Il y a près de douze ans, il m'arriva d'être chargé de faire pour le « *Philosophical Magazine* » un résumé de ses *Experimentales researches.* Lorsqu'il l'eut lu, il me prit par la main et me dit : « Tyndall, la plus douce récompense de mon travail est la sympathie et la bienveillance qu'il m'a attirées des quatre parties du monde. » Je vois jaillir de ses lettres de petites étincelles de bonté, précieuses seulement pour moi, mais plus précieuses que tout. Il apparaissait dans le laboratoire dès qu'il me croyait fatigué, et il me faisait monter avec lui pour me reposer. S'il arrivait que je fusse absent, il laissait un petit mot pour moi, conçu en ces termes ou d'autres termes semblables : « Cher Tyndall, je suis venu vous chercher, parce que c'est l'heure du thé, nous n'avons pas encore fini, voulez-vous monter? » J'ai souvent partagé son déjeuner, je devrais dire presque toujours, car je déjeunais avec lui chaque jour de leçon. Il n'y avait pas de trace d'ascétisme dans sa nature. Il préférait la viande et le vin de la vie aux sauterelles et au miel sauvage des anachorètes. Durant une intimité de quinze années,

il ne m'a pas parlé une seule fois de religion, excepté quand je l'amenais sur ce sujet. Il m'en parlait alors sans hésitation et sans gêne, non pas mû par un désir apparent « de profiter de l'occasion, » mais pour me donner les renseignements que je demandais. Il croyait que le cœur humain était gouverné par une puissance à laquelle la science ou la logique n'ouvrent aucun accès, et cette foi, bonne ou mauvaise, unie à une parfaite tolérance de la foi des autres, a fortifié et embelli sa vie.

Parmi les lettres dont je viens de parler, j'en choisirai trois pour les publier ici. Je prends la première, parce qu'elle contient un passage qui révèle les sentiments avec lesquels Faraday envisageait sa vocation, et aussi parce qu'elle contient une allusion qui fera plaisir à un ami.

~~Royal Institution.~~

« Ventnor, île de Wight, 28 juin 1854.

« Mon cher Tyndall,

« Vous voyez par l'en-tête de cette lettre combien l'habitude prévaut en moi ; je viens de vous lire ici, et je crois encore être là. Mais j'ai laissé sa science (de l'Institution Royale) en très-bonnes mains, et je suis heureux d'apprendre que vous faites de nouveau des expériences. Et comment va votre santé ? Pas bien, je le crains. Je désire que vous vous guérissiez d'abord, vous travaillerez ensuite. Quant aux fruits de votre enseignement, je suis sûr qu'ils seront bons, car s'il m'arrive quelquefois de me décourager pour ce qui me concerne, il n'en est pas de même pour vous. Vous êtes jeune, je suis vieux...... *Mais les matières dont nous avons à traiter sont si glorieuses qu'en y travaillant, les plus faibles sont*

joyeux et encouragés; les plus forts ont du plaisir et du contentement.....

« Je n'ai encore rien vu de Magnus. Les idées qui viennent de lui me font toujours plaisir. Nous verrons son soufre noir ensemble. J'ai eu l'autre jour des nouvelles de Schœnbein. Il m'apprend que Liebig est tout à l'ozone, c'est-à-dire à l'oxygène allotropique.

« Maintenant, bon jour.

« Toujours, mon cher Tyndall, votre fidèle,

« M. FARADAY. »

La contemplation de la nature et les rapports qu'il avait avec elle, ont produit dans l'esprit de Faraday une sorte d'exaltation spirituelle qui se manifeste dans la lettre qu'on vient de lire. Ses sentiments religieux et sa science ne pouvaient être séparés; le trop-plein des premiers refluait habituellement sur la seconde.

Que ce fût lui ou un autre qui développât une théorie, il paraissait prendre un égal plaisir à la suivre. Une bonne expérience l'aurait fait presque danser de plaisir. En novembre 1850, voici ce qu'il m'écrivait : « J'espère reprendre quelque jour la question du magnétisme des molécules associées. En attendant, je me réjouis à chaque addition de faits ou de raisonnements nouveaux relatifs à cette question. Quand la science est république, elle fait des progrès; et quoique je ne sois pas républicain en d'autres matières, je le suis en celle-ci. » Toutes ses lettres mettent en pleine évidence cette catholicité de ses sentiments. Il y a dix ans, allant à Brighton, il emporta un petit mémoire que je venais de terminer et il m'écrivit quelques jours après. Sa lettre est simplement un exemple de la sympathie qu'il m'a toujours témoignée, de l'intérêt qu'il a pris à mes travaux.

« Brighton, le 9 décembre 1857.

« Mon cher Tyndall,

« Je ne puis résister au plaisir de vous dire combien votre mémoire m'a causé de délices; chacune de ses parties m'a fait le même plaisir. Il est beau d'un bout à l'autre. Vous trouverez plusieurs remarques au crayon que j'ai faites en le lisant. Je les laisse, car, quoique plusieurs d'entre elles eussent trouvé leur réponse à mesure que l'on avançait en matière, elles montrent cependant quelle impression l'énoncé fait sur un esprit pour lequel le sujet est nouveau, et peut-être aimerez-vous à faire quelques légers changements çà et là, si vous désirez que votre idée soit tout d'abord complétement saisie; d'ailleurs, après tout, je crois que ce n'est pas votre rédaction, mais le désir naturel d'arriver d'un seul bond à la conclusion qui conduit ou qui a conduit mon crayon.

« Nous revenons vendredi, et je vous remettrai alors votre mémoire.

« Votre toujours dévoué,

« M. Faraday. »

La troisième lettre trouvera plus naturellement sa place convenable à la fin de cette brochure. Un jour que je conversais avec Faraday sur la science dans les rapports avec le commerce et les procès, il me dit qu'à une certaine époque de sa carrière, il avait été forcé de se poser à lui-même et de résoudre définitivement la question de savoir laquelle de la fortune ou de la science serait la grande occupation de sa vie. Il ne pouvait servir deux maîtres, et il se voyait forcé de choisir. Après la découverte de l'induction magnéto-électrique, sa renommée fit tant de bruit au dehors que le monde

du commerce aurait cru toute rémunération pécuniaire bien au-dessous d'un mérite aussi transcendant.

Avant même qu'il ne fût devenu célèbre, il avait fait quelques « affaires professionnelles. » C'est ainsi qu'il nommait toute œuvre purement commerciale. Son ami, Richard Phillips, par exemple, l'avait engagé à entreprendre un certain nombre d'analyses qui accrurent son revenu, en 1830, de plus de 25 000 francs, et, en 1331, d'une somme plus grande encore. Il n'avait qu'à le vouloir, pour se faire, en 1832, en affaires professionnelles, une rente de 125 000 francs par an. Ce n'est là, en réalité, qu'une estimation insuffisante de ce qu'il aurait pu réaliser sans peine chaque année durant les trente dernières années de sa vie.

Pendant que j'étudiais de nouveau ses recherches expérimentales, à propos de ce travail, la conversation avec Faraday dont je viens de parler m'est revenue à la mémoire, et j'ai cherché à fixer l'époque vers laquelle la question : *richesse ou science*, s'imposa si catégoriquement à son esprit. Je l'ai fixée à l'année 1831 ou 1832, car il me semble qu'il est au-dessus des forces de l'homme de poursuivre la science avec autant d'ardeur qu'il l'a fait pendant les années suivantes, et de s'occuper en même temps d'affaires commerciales. Pour vérifier cette conclusion, j'ai demandé à voir son livre de comptes, et je publie sous ma responsabilité personnelle les résultats de mon examen. En 1832, le produit de ses affaires professionnelles, au lieu de s'élever à 5 000 livres ou plus, tomba de 1 090 livres 4 shillings à 155 livres 9 shillings. Depuis lors, il est descendu avec de légères oscillations à 92 livres, en 1837, et à zéro, en 1838. De 1839 à 1845, il n'a jamais dépassé 22 livres, excepté une seule fois; la plupart du temps il est resté au-dessous de ce chiffre. L'année exceptionnelle fut celle où il fut chargé avec sir Charles Lyell par

le gouvernement de faire un rapport sur l'explosion de la mine de charbon de Haswell, ses honoraires dans cette occasion s'élevèrent à 112 livres. Depuis la fin de 1845 jusqu'au jour de sa mort, le revenu annuel de Faraday, en affaires professionnelles fut exactement zéro. En tenant compte de la durée de sa vie, ce fils d'un forgeron, d'abord apprenti relieur, a eu à choisir entre une fortune de 3 750 000 francs, d'une part, et, de l'autre, la science sans rétribution. Il a choisi la dernière et il est mort pauvre. Mais il a eu la gloire de maintenir ferme et au premier rang parmi les nations la renommée scientifique de l'Angleterre pendant une période de quarante années !

Les marques extérieures et visibles de la renommée avaient moins de prix à ses yeux qu'à ceux de la plupart des hommes. Il fut comblé de distinctions scientifiques de toutes les parties du monde. Il a été regardé à l'unanimité, je crois, comme le prince des physiciens chercheurs de notre âge. Mais il n'a pas occupé dans ce pays la plus haute des positions scientiques. Lorsque l'excellent et tant regretté lord Wrottesley se démit de la présidence de la Société Royale, une députation du Conseil, composée de Sa Seigneurie, de M. Grove et de M. Gassiot, se rendit chez Faraday pour le prier d'accepter le fauteuil de la présidence. Tous les raisonnements et toutes les sollicitations de l'amitié ne l'amenèrent point à céder aux désirs du Conseil, qui étaient aussi ceux de l'unanimité des savants. Le sentiment de la vivacité trop grande de son caractère avait fait prendre à Faraday l'habitude de demander quelque temps de réflexion avant de se décider sur une question d'une certaine importance. Dans le cas actuel, il resta fidèle à sa bonne habitude et demanda à réfléchir. Le lendemain matin, je vins le voir dans sa chambre, et je lui dis en entrant que je n'étais pas sans une sérieuse inquiétude d'esprit. Il m'en demanda la

cause, et je lui répondis : « J'ai peur que votre décision ait été contraire aux désirs de la députation qui est venue vous voir hier. » « Vous ne voudriez pas me presser d'assumer sur moi cette responsabilité, » me dit-il. Ma réponse fut : « Non-seulement, je vous prie de l'accepter, mais je considère cette acceptation comme une obligation rigoureuse pour vous. » Il parla du travail exigé par ces fonctions; il ajouta qu'il n'était pas dans son caractère de traiter les choses si légèrement; et s'il devenait président, il aurait certainement à soulever beaucoup de questions nouvelles, à réaliser d'importantes réformes. Je ne manquai pas de lui dire que, dans ce cas, il se verrait soutenu par tout ce qu'il y a de jeune et de fort dans la Société Royale. Rien de cela ne parut le satisfaire. Madame Faraday entrait dans sa chambre, il fit appel à sa décision. Elle se prononça pour la négative, et je protestai. « Tyndall, me dit-il enfin, je veux jusqu'au bout rester simplement Michel Faraday; et permettez-moi de vous dire que si j'acceptais l'honneur que la Société Royale veut me conférer, je ne répondrais pas de l'intégrité de mon intelligence pour une seule année. » Je n'insistai pas davantage, et lord Wrottesley eut un très-digne successeur dans la personne de sir Benjamin Brodie.

A la mort du duc de Northumberland, notre conseil d'administration désira voir M. Faraday finir sa carrière au milieu de nous en qualité de président de l'Institution Royale, où il était entré, un demi-siècle auparavant, avec des appointements hebdomadaires. Mais il ne voulut avoir rien à faire avec la présidence. Il aspirait au repos, et l'affection respectueuse de ses amis lui était infiniment plus précieuse que tous les honneurs de la vie officielle.

Le premier besoin de la vie intellectuelle de Faraday était l'indépendance de son esprit; et quoique prompt à exiger

l'obéissance, quand l'obéissance devenait un devoir, tout acte de maintien courageux des droits de l'homme lui inspirait une vive sympathie. La susceptibilité même, au point de vue de l'honneur, trouvait en lui une excuse facile, sinon une approbation ouverte. La sagesse des années, tempérée par un caractère de cette trempe, rendait son conseil particulièrement précieux à ceux qui partageaient sa sensibilité. J'ai souvent fait appel à son bon conseil. Qu'il me soit permis de vous en faire comprendre la haute valeur par un ou deux traits caractiques.

En 1855, je fus nommé examinateur par le Conseil d'Éducation militaire. A cette époque, comme aujourd'hui encore, j'étais fortement convaincu de l'utilité des sciences physiques pour les officiers de l'artillerie, du génie et de l'état major; et toutes les fois que l'occasion s'en présentait, j'exprimais cette conviction sans réserve. Je ne trouvais pas que la part, quoique considérable, faite aux sciences physiques dans les examens, fût en rapport avec leur importance, et dans cette disposition d'esprit, je me montrai plus ardent à défendre ses droits que je ne l'aurais dû, peut-être.

Le collége de la Trinité de Dublin avait organisé une école destinée à préparer les élèves aux examens de Woolwich, et un grand nombre de jeunes gens parfaitement instruits venaient de Dublin disputer les places d'officiers d'artillerie et du génie. Le résultat d'un de ces examens me causa une satisfaction toute particulière; les notes obtenues dans l'examen des sciences étaient, à mes yeux, si éloquentes que je m'abstins d'en dire un mot. Mes collègues, cependant, suivirent la coutume ordinaire d'ajouter des rapports abrégés à l'envoi des notes. Lorsque les résultats des examens furent connus, le *Times* publia un article de fond dans lequel les rapports étaient cités au long, et où l'on donnait des éloges à tous les

candidats, excepté aux excellents élèves examinés par moi.

Une lettre écrite de *Trinity College* attira mon attention sur cet article : on s'y plaignait amèrement que les candidats de la science eussent été complétement laissés de côté, quoique leurs notes fussent les meilleures de toutes. J'essayai de rectifier les faits en publiant dans le *Times*, sous ma propre responsabilité, une lettre justificative. Cette réclamation, je le savais, n'admettait pas d'excuse auprès de l'Administration de la guerre, et je m'exposais à mécontenter mes supérieurs hiérarchiques. La réprimande ne se fit pas longtemps attendre : « En quelque haute estime que le secrétaire d'État pour la guerre puisse avoir l'expression de l'opinion de M. le professeur Tyndall, il demande à constater qu'un examinateur nommé par Son Altesse Royale le commandant en chef n'a pas le droit d'écrire dans les feuilles publiques comme M. le professeur Tyndall vient de le faire, sans l'autorisation de l'Administration de la guerre. » Rien de plus juste en réalité, mais je ne voulais pas rester sous le coup d'une réprimande. J'écrivis une réponse, et avant de l'envoyer, je la montrai à Faraday. Nous étions assis ensemble devant le feu, il me regardait d'un air sérieux, se frottant les mains et réfléchissant. Puis nous échangeâmes la conversation suivante :

« F. Vous avez certainement reçu une réprimande, Tyndall ; mais l'affaire est passée, et si vous acceptez la remontrance qui vous est faite, vous n'en entendrez plus parler.

— T. Mais je ne veux pas l'accepter.

— F. Vous savez quelle sera la conséquence de l'envoi de cette lettre ?

— T. Oui.

— F. Vous serez destitué.

— T. Je le sais.

— F. *Alors envoyez la lettre !* »

La lettre était ferme, mais respectueuse; elle reconnaissait la justice de la censure, mais elle n'exprimait ni repentir ni regret. Faraday, suivant sa gracieuse coutume, changea une expression ou deux pour les rendre plus respectueuses encore. La lettre fut envoyée à son adresse, et le jour suivant j'entrai à l'Institution avec la conviction que ma destitution allait m'être expédiée. Mais des semaines se passèrent sans que j'entendisse parler de rien. A la fin, l'enveloppe officielle bien connue se montra; je rompis le cachet, ne doutant nullement de son contenu. Il fut cependant très-différent de ce que j'attendais. « Le Secrétaire d'État pour la guerre a reçu la lettre de M. le professeur Tyndall, et *l'explication qui y est donnée lui semble parfaitement satisfaisante.* » J'ai souvent désiré trouver l'occasion de témoigner publiquement de ma reconnaissance pour cette manière d'agir si libérale; elle prouve en effet que lord Panmure avait su reconnaître et apprécier une bonne intention, alors même qu'elle constituait une offense à la routine administrative. Il me fut donné pendant plusieurs années encore d'être le délégué de ce corps excellent du Conseil d'Éducation militaire.

Dans une autre occasion semblable, Faraday, en m'encourageant à suivre une résolution un peu hardie que j'avais pris, voulut bien s'appuyer d'un exemple emprunté à sa propre vie. Cet incident vous intéressera, et je suis si sûr qu'on le racontera un jour au monde entier, que je ne vois aucun inconvénient à en parler d'abord ici.

En 1835, sir Robert Peel, désirait offrir une pension à Faraday, mais ce grand homme d'État quitta le ministère avant d'avoir pu réaliser son vœu. Le ministre qui a créé les pensions avait pour but de témoigner hautement d'une considération que les âmes les plus fières peuvent accepter sans

compromettre leur indépendance. Cependant Faraday, apprenant d'abord par une voie nön officielle la faveur dont il était l'objet, écrivit une lettre annonçant sa détermination de refuser la pension offerte, ajoutant qu'il était parfaitement en état de gagner sa vie lui-même. Cette lettre existe encore, mais elle ne fut jamais envoyée à son adresse, ses amis avaient réussi à lui faire surmonter sa répugnance. Lorsque lord Melbourne arriva au ministère, il désira voir Faraday; et probablement que dans son ignorance absolue de l'homme auquel il s'adressait, car malheureusement pour eux et pour nous, les ministres d'État de l'Angleterre sont trop souvent les seuls à ignorer les grands hommes de leur pays, le lord-ministre s'échappa à dire quelque chose de profondément désagréable à son illustre visiteur. J'ai connu autrefois toutes les circonstances de cette entrevue, mais les détails m'ont échappé. Le mot hablerie et quelques autres expressions semblables tombèrent, je crois, inconsidérément des lèvres du premier ministre. Faraday le quitta avec sa résolution bien prise; et le soir même, il déposa à la résidence de lord Melbourne sa carte avec une note courte, maisdécidée, dans laquelle il lui disait que sa seigneurie s'était évidemment trompée dans son intention d'honorer la science en sa personne; il refusait absolument d'accepter la pension qui lui était offerte. Le noble lord, homme de trèsbonne humeur, ne voulut voir d'abord dans la susceptibilité de Faraday qu'une bonne plaisanterie, mais il fut bientôt forcé de prendre cette aventure au sérieux. Une excellente dame, amie à la fois de Faraday et du ministre, essaya d'arranger l'affaire, mais elle trouva qu'il était très-difficile de faire sortir Faraday de la position qu'il avait prise. Après bien des efforts infructueux, elle le pria instamment de lui dire ce qu'il exigerait de lord Melbourne pour se déterminer à revenir sur ses pas. Il répondit: « J'exigerais de Sa Seigneurie ce

que je n'ai aucun droit ou aucune raison d'attendre d'elle; une rétractation écrite des expressions dont elle s'est permis de se servir en ma présence.» L'excuse demandée arriva, franche et complète, honorable, il me semble, autant pour le premier ministre que pour le savant.

Quand on considère l'énorme tension imposée à l'intelligence de Faraday, cette vivacité d'enfant, presque dans les dernières années de sa vie, étonne au plus haut degré. Il était souvent abattu, mais il y avait en lui d'immenses ressources, et il les mettait immédiatement à profit en quittant Londres aussitôt que sa santé s'altérait. J'ai déjà dit les pensées qui remplirent son esprit au soir de sa vie. Il couvait sans cesse les milieux magnétiques de ses lignes de force; et le grand objet de ses dernières recherches était de décider si la force magnétique exigeait du *temps* pour se propager. Nous ne saurons jamais comment il se proposait d'attaquer cette question. Mais il nous a légué de beaux appareils, des roues et des pignons délicatement divisés, des combinaisons de miroirs, qui devaient l'aider dans ses recherches. La seule conception d'un pareil travail est une preuve de la puissance de son génie et de la grandeur de ses espérances; il est impossible de dire à quel résultat elle l'aurait conduit. Mais ce travail était trop au-dessus des forces de son cerveau fatigué. Il a été longtemps sans pouvoir se résoudre à l'abandonner, et, pendant cette lutte, il souffrit souvent de la fatigue de l'esprit. C'est à cette époque, et avant de s'être résigné au repos auquel il s'est livré dans les deux dernières années de sa vie, qu'il m'écrivit la lettre suivante, une de ces lettres sans prix que j'ai là devant moi, et qui révèle, bien mieux que toute autre plume ne saurait le faire, l'état de son esprit à ce moment de sa vie; on me blâmait souvent en sa présence de mes excursions dans les Alpes, mais

sa réponse était toujours : « Laissez-le, il sait bien se soigner lui-même.» Son inquiétude sur ce point se révèle pour la première fois dans cette lettre.

« Hampton Court, 1er août 1864.

« Mon cher Tyndall, je ne sais si ma lettre vous parviendra, mais je me risque à vous l'adresser, quoique je sente qu'il n'est guère convenable de correspondre avec un homme dont la vie est aussi ardente et aussi active que la vôtre. Votre aimable lettre que je reçois à l'instant m'apprend que, si j'oublie, je ne suis pas oublié, et quoique je ne sois plus capable de me souvenir à la fin d'une ligne de ce que je disais en la commençant, ces caractères décousus vous révèleront assez le sens de ce que je voudrais vous dire. Nous avions appris votre maladie par miss Moore, et j'ai eu beaucoup de plaisir à apprendre que vous êtes tout à fait bien maintenant ; ne vous exposez pas à trop de dangers, ne faites point trop dépendre votre bonheur des périls que vous affrontez, après lesquels vous courez. Quelquefois, en pensant à vous et à ce que vous pouvez faire, je me sens assailli de craintes, mes pensées alors s'arrêtent et changent de direction, mais sans me laisser de repos. Je sais que cela dépend beaucoup de mon état d'épuisement, mais je ne sais pas pourquoi je vous écris, si ce n'est que quand je vous écris, je ne puis m'empêcher de penser, et tout à coup, mes pensées se portent vers un autre sujet...

« Voyez quelle étrange lettre sans suite je vous écris ; je me sens si fatigué, que je suis tenté de quitter mon bureau et d'aller me coucher.

« Ma chère femme et Jane vous font leurs compliments les plus empressés, je les entends dans la chambre voisine..... J'oublie, mais pas vous, mon cher Tyndall, car je suis

« Toujours à vous

« M. FARADAY. »

Cette fatigue cessa lorsqu'il renonça au travail, et j'ai de lui une lettre pleine de gaieté, écrite dans l'automne de 1865. Vers la fin de cette même année il fut attaqué d'une maladie dont il ne s'est jamais complétement relevé. Il continua d'assister aux réunions du vendredi soir de l'Institution Royale, mais le progrès du mal était visible pour nous tous. Un repos absolu devint plus tard nécessaire, et il cessa de paraître au milieu de nous. Il ne survint heureusement, dans son déclin, aucun incident de nature à attrister le souvenir de ceux qui l'avaient aimé. Il tomba lentement et paisiblement vers le repos suprême, et lorsqu'elle arriva, sa mort ne fut réellement qu'un sommeil. Il nous a quitté comblé d'honneurs et d'années; il a combattu le bon combat, après avoir largement payé sa dette au devoir, pourquoi ne dirai-je pas sa dette d'honneur.

La Jane à laquelle il fait allusion dans la lettre qui précède est sa nièce, miss Jane Barnard; elle avait pour lui une affection devenue presque un culte; elle l'a gardé et soigné jusqu'à sa fin.

Je vis M. Faraday pour la première fois, à mon retour de Marburg en 1850. J'étais venu à l'Institution Royale, et je lui fis passer ma carte avec une copie du mémoire que M. Knoblauch et moi, nous venions de terminer. Il descendit et causa avec moi, pendant une demi-heure. Je ne manquai pas de remarquer le jeu merveilleux d'intelligence et le sentiment de bienveillance exaltée que sa personne exprimait. Aussi longtemps qu'il se porta bien, on ne se demanda jamais quel âge il avait. En voyant l'éclat et le sourire de ses yeux, on ne pensait pas à ses cheveux gris. Il était alors sur le point de publier un de ses mémoires sur l'action magnéto-cristallique, et il eut le temps de renvoyer dans une note flatteuse au travail que je lui avais présenté. Je retournai en Allemagne, pour y travailler une année presque entière, et

en juin 1851 je revins de Berlin à Londres. Alors pour la première fois, comme je me rendais à l'Association britannique à Ipswich, je rencontrai un homme qui depuis a imprimé son cachet sur tous les esprits de son temps, qui fut longtemps, et qui, par la loi puissante de l'affinité naturelle, sera toujours un frère pour moi. Nous n'avions ni l'un ni l'autre aucun but déterminé, nous avions besoin d'un poste qui nous convînt, et nous n'avions d'autre désir que de le bien remplir. Les chaires d'histoire naturelle et de physique venaient d'être déclarées vacantes à l'université de Toronto, nous y aspirâmes, lui à l'une, moi à l'autre; mais guidés peut-être par un instinct prophétique, les autorités de l'université refusèrent d'avoir rien à faire avec l'un ou l'autre de nous. Si j'ai bonne souvenance, nous fûmes également malheureux ailleurs.

L'une des premières lettres que j'ai reçu de Faraday a rapport à cette affaire de Toronto, qu'il croyait peu sage à moi de négliger. Mais Toronto avait des idées arrêtées! En 1853, sur les instances du docteur Bence Jones, et sur la recommandation de Faraday lui-même, une chaire de physique me fut offerte à l'Institution Royale. J'étais sollicité en même temps d'aller ailleurs, mais une forte attraction m'attira de ce côté. Permettez-moi de dire que ce fut principalement l'amitié de Faraday et de plusieurs autres, amitié qui m'était précieuse au delà de ce que je pourrais dire, qui me fit trouver ma position ici plus élevée que toutes celles qui pouvaient m'être offertes dans cette contrée. Et c'est moins pour l'honneur qui m'en revient, quoiqu'il soit certainement bien grand, que pour les liens personnels puissants qui m'y retiennent, que j'attache surtout un grand prix à cette place. Vous pourrez ne pas me croire, si je vous dis combien peu j'estime l'honneur d'être le successeur de Faraday en compa-

raison de l'honneur d'avoir été l'ami de Faraday. Son amitié était une énergie et une inspiration; son manteau est un fardeau presque trop lourd à porter.

Quelquefois, pendant la dernière année de sa vie, avec la permission ou sur l'invitation de madame Faraday, je suis monté dans sa chambre pour le voir. Le vif éclat qui au temps de sa force rayonnait d'une manière si extraordinaire de tout son être, avait fait place à une lumière calme et douce, qui échauffe et éclaire mes derniers souvenirs. Un jour, je m'étais agenouillé sur le tapis à côté de lui, et j'avais placé ma main sur son genou; il la frappa affectueusement, sourit, et murmura de sa voix basse et douce les dernières paroles qui, je m'en souviens comme si je les entendais encore, m'aient été adressées par Michel Faraday.

Mon vœu et l'objet de mes aspirations avait été de jouer auprès de ce Goëthe le rôle de Schiller; et il était alors si plein de force et de joie; son corps était si actif, son intelligence si lucide, que j'eus la pensée que, comme Goëthe, il verrait succomber le plus jeune de nous deux. Le destin en a décidé autrement, et maintenant, il n'est plus pour nous tous qu'un souvenir. Mais du moins aucun souvenir ne saurait être plus beau. Il était riche également d'esprit et de cœur. Les glorieux traits d'un noble caractère tracés par saint Paul trouvent en lui leur réalisation parfaite. Car il était « irréprochable, vigilant, sobre, d'une conduite exemplaire, habile à enseigner, non avide d'un lucre sordide. » On ne voyait en lui aucune trace d'ambition mondaine : il honorait son souverain en assistant au lever royal une fois chaque année; mais, ce devoir rempli, il n'a jamais recherché le contact des grandeurs humaines. La vie de son esprit et de son intelligence était tellement remplie que les choses auxquelles les hommes aspirent avec le plus d'ardeur lui étaient absolument indifférentes. « Don-

nez-moi la santé et un jour, » disait le brave Emerson, « et je ferai pâlir la pompe des empereurs. » Faraday aurait pu parfaitement dire la même chose. Qu'était pour lui la splendeur d'un palais comparée à un orage éclatant sur les dunes de Brighton. Que sont toutes les pompes de la royauté auprès d'un coucher du soleil? Je rappelle l'orage et le coucher du soleil, parce que ces choses ravissaient son esprit dans une sorte d'extase, et que pour un esprit ainsi ouvert à l'extase les pompes et les plaisirs du monde comptent habituellement pour rien. La nature, et non pas l'éducation, l'avait rendu fort et presque pur de tout sentiment moins élevé.

Une de ses expériences favorites nous fournit une image fidèle de ce qu'il était. Il aimait à faire voir que l'eau, en cristallisant, élimine toutes les matières étrangères, si intimement mêlées qu'elles puissent être avec elle. Isolé des acides, des alcalis ou des solutions salines, le cristal devient doux et limpide. Mettant en jeu dans la formation d'un homme comme Faraday quelque procédé semblable, la nature parvint à unir la beauté à la noblesse, sans rien mêler au bien de ce qui est bas et vulgaire. Il n'avait pas appris du monde la distinction et la grâce des manières, puisqu'il s'est défendu à lui-même tout contact avec le monde. Et pourtant cette noble terre de l'Angleterre n'a pas eu de plus vrai gentilhomme que lui. La science ne constituait pas la moitié de sa grandeur, car la science eût été impuissante à révéler la bravoure et la délicatesse de son cœur.

Mais il est temps que je mette fin à ce faible discours, et que je dépose mon humble guirlande sur le tombeau de ce

Juste et fidèle chevalier de Dieu. »

APPENDICE

—

ÉLOGE HISTORIQUE DE MICHEL FARADAY

Par M. Dumas (*Extraits*).

Caractère de Faraday. — Je ne sais s'il existe au monde un savant qui ne fût heureux de laisser en mourant des travaux pareils à ceux dont Faraday a fait jouir ses contemporains et qu'il a légués à la postérité; mais je suis sûr que tous ceux qui l'ont connu voudraient approcher de cette perfection morale qu'il atteignait sans effort. Elle semblait chez lui comme une grâce naturelle, qui en faisait un professeur plein de feu pour la diffusion de la vérité, un artiste infatigable, plein d'entrain et de gaieté dans son laboratoire, le meilleur et le plus doux des hommes au sein de sa famille, et le prédicateur le mieux inspiré au milieu de l'humble troupeau religieux dont il suivait la foi.

La simplicité de son cœur, sa candeur, son amour ardent de la vérité, sa franche sympathie pour tous les succès, son admiration naïve pour les découvertes d'autrui, sa modestie naturelle, dès qu'il s'agissait des siennes, son âme noble, indépendante et fière, tout cet ensemble donnait un charme incomparable à la physionomie de l'illustre physicien.

Je n'ai pas connu d'homme plus digne d'être aimé, d'être admiré, d'être regretté.

La fidélité à la foi religieuse et la constante observation de la loi morale constituent les traits dominants de sa vie. Sans doute, sa ferme croyance en cette justice d'en haut qui pèse tous nos mérites, et en cette bonté souveraine qui pèse toutes nos souffrances, n'a pas inspiré à Faraday ses grandes découvertes, mais elle lui a donné la droiture, le respect de soi-même, la force contre ses propres entraînements et l'esprit de justice, qui lui ont permis de lutter avec confiance contre la mauvaise fortune et d'accepter la prospérité sans en être enivré.....

Faraday et Davy. — Lorsque Faraday tentait, il y a quarante-cinq ans, l'épreuve qui amena la liquéfaction du chlore et qui devint l'occasion d'études et de découvertes de l'ordre le plus élevé, il en était à ses débuts. Davy jouissait de tous les honneurs. Personne ne comprit donc que l'illustre président de la Société Royale de Londres crût nécessaire au soin de sa gloire de constater, dans une note expresse, qu'il avait conseillé lui-même, à son assistant, de soumettre à cet essai le composé de chlore et d'eau. Sans grandir le maître, qui ne pouvait plus monter, cette note semblait écrite pour amoindrir le disciple et le décourager.

Je n'apprends rien à mes contemporains si j'ajoute qu'après l'avoir accueilli dans le laboratoire de l'Institution Royale, Davy reconnut trop tard le génie du jeune Faraday. Il n'eut pas pour lui les égards que tout homme voué au culte de la science doit accorder si volontiers à celui qui s'y distingue. Il se souvint trop que, dans les colléges anglais, les élèves jeunes, esclaves des anciens, leur doivent la plus dure obéissance et le service domestique. Reste de barbarie, qui ne trouve pas même son excuse dans le régime d'égalité, qui

plie aux mêmes assujettissements les aînés des familles les plus puissantes et les cadets du pauvre gentilhomme.

Faraday n'oublia jamais ce qu'il devait à Davy. Me trouvant chez lui, au déjeuner de famille, vingt ans après la mort de ce dernier, il remarqua sans doute que je répondais froidement à quelques éloges que le souvenir des grandes découvertes de Davy venait de provoquer de sa part. Il n'insista point. Mais, après le repas, il me fit descendre sans affectation à la bibliothèque de l'Institution Royale, et, m'arrêtant devant le portrait de Davy : « C'était un grand homme, n'est-ce pas? » me dit-il, et, se retournant, il ajouta : C'est là qu'il m'a parlé pour la première fois. » Je m'incline, nous descendons au laboratoire, Faraday prend un registre, l'ouvre et me désigne du doigt les mots inscrits par Davy, au moment précis où, sous l'influence de la pile, il venait de décomposer la potasse et de voir apparaître le premier globule de potassium que la main de l'homme ait isolé. Autour des signes techniques qui formulent sa découverte, Davy a tracé de sa main fiévreuse un cercle qui les détache du reste de la page; les mots *capital experiment*, qu'il a écrits au-dessous, ne peuvent être lus sans émotion par aucun chimiste. Je m'avouai vaincu, et je me mis pour cette fois, sans plus hésiter, à l'unisson de l'admiration de mon excellent ami.

Faraday, comme on le voit, se souvenait des leçons de Davy; il gardait la mémoire de ses grandes découvertes; il lui pardonnait son orgueil.....

Loi électrolytique. — Dieu a tout fait avec nombre, mesure et poids. Ces paroles du livre de la Sagesse datent de deux mille ans, et les chimistes y trouvent toujours l'expression fidèle des harmonies observées de nos jours, dans le nombre des particules qui composent les corps, dans leur volume et dans leur poids.

Faraday ajoute quelque chose de nouveau à la formule antique ; il nous apprend que toutes les molécules du même ordre ont besoin, quels que soient leur nature, leur forme, leur poids et leurs qualités spécifiques, qu'on emploie la même quantité de force pour river ou pour briser les chaînes qui les fixent dans les liens d'un composé.

Ces lois rendent à la fois l'étude de la science de l'électricité attrayante et ses applications faciles. Elles ont le double mérite de saisir vivement, par leur clarté, l'esprit des élèves sur les bancs de l'école, et de fournir au praticien, dans les ateliers, la mesure des forces qu'il emploie.....

Electricité animale.— L'institution polytechnique de Londres ayant fait venir d'Amérique un gymnote électrique pour attirer les visiteurs dans ses galeries, ses administrateurs eurent le bon goût de mettre cet animal rare et curieux, le seul que l'Europe eût possédé, à l'entière disposition de Faraday. Il n'en abusa point. A force de patience, il parvint à obtenir de lui tout ce que la science pouvait en réclamer, sans compromettre un seul instant sa vie par des essais irréfléchis.

Ce gymnote était aveugle. Il tournait autour de son baquet d'un mouvement lent, régulier, continu, machinal et comme indifférent. Quelle vigilance, cependant, et quelle adresse ! Si on laissait tomber un poisson vivant au centre même du baquet, le plus loin possible de la grosse anguille, à peine avait-il touché la surface de l'eau qu'il était foudroyé et qu'on le voyait flotter immobile, sur le dos. Le gymnote, cependant, suspendant sa promenade circulaire, se rapprochait du lieu de la scène, ouvrait la bouche, et, par un mouvement d'aspiration énergique, déterminait un courant qui amenait jusqu'à lui sa proie qu'il n'apercevait pas, et qui, se présentant par la tête, était avalée comme un bol. Il reprenait de suite sa promenade interrompue.

Quand on a manié les torpilles de nos côtes, on s'étonne de la peur qu'elles inspirent aux pêcheurs et des contes ridicules dont elles sont l'objet. Quand on avait reçu la secousse de ce vieil aveugle, on n'était plus tenté de taxer d'exagération le tableau tracé par Humboldt.

Faraday obtint de l'animal mis à sa disposition une nouvelle démonstration de l'identité des effets produits par son appareil organique et de ceux que l'électricité provoque. Le fluide du gymnote lui fournit des étincelles, des effets magnétiques, des actions chimiques, en un mot, tout le cortége ordinaire des phénomènes produits par l'électricité, ainsi que la torpille l'avait fait entre les mains de M. Matteucci et des savants italiens.

Mais on n'en était plus au temps où les études de l'électricité animale jetaient le trouble dans les esprits et provoquaient des espérances sans bornes.

Faraday me disait à ce sujet : « Puisque les êtres vivants produisent de la chaleur et une chaleur identique assurément avec celle de nos foyers, pourquoi ne produiraient-ils pas aussi de l'électricité et une électricité identique également avec celle de nos machines ? Mais, si la chaleur produite pendant la vie, nécessaire à la vie, n'est cependant pas la vie, pourquoi l'électricité elle-même serait-elle la vie ? Comme la chaleur, comme l'action chimique, l'électricité est un instrument de la vie et rien de plus. » ....

Résumé des découvertes mémorables de Faraday dans l'étude de l'électricité.— Il a mis hors de doute que toute action chimique est la source d'un mouvement électrique, proportionnel à son intensité, subordonné à sa durée et dirigé selon son propre sens, identique, enfin, pour tous les équivalents des corps qui s'engagent dans des combinaisons similaires.

Il a fait connaître un mode nouveau de mouvement électrique, le moins coûteux, le plus puissant, le plus maniable, le plus flexible et le plus universel dans ses effets : l'induction.

Il a converti le magnétisme en électricité et l'électricité en magnétisme, par des méthodes qui ne laissent aucun doute sur l'identité d'origine de ces deux manifestations de la force.

Il a fourni les moyens de rendre visible et certaine la relation entre le magnétisme et la chaleur que d'anciens phénomènes avaient fait soupçonner.

Il a découvert une action du magnétisme sur la lumière, et, s'il a eu le regret de ne pouvoir mettre en évidence, par réciprocité, une action de la lumière sur le magnétisme, il a ouvert la route.

Il a établi l'existence d'une action universelle du magnétisme sur tous les corps connus : solides, liquides ou gazeux ; bruts ou vivants.

Il a donc démontré par des expériences certaines et désormais popularisées, que le magnétisme agit sur la matière dans toutes ses formes et sur la force dans toutes ses manifestations : lumière, chaleur, électricité, force mécanique ou chimique.

Il n'a pas découvert, entre l'électricité ou le magnétisme et la pesanteur, une relation qu'il a longtemps, je dirais presque toujours cherchée. Mais si ce dernier trait manque au tableau de sa vie, et à la satisfaction de sa conviction sur l'unité de la force, il a montré le chemin à des émules plus heureux.....

Faraday et Ampère. — On aime à arrêter son souvenir sur Ampère, sur Faraday, et à comparer ces deux hommes, si divers par les dons de la nature, si rapprochés par le génie et

par les travaux. Ce que l'un a fait, l'autre aurait pu le faire. Ils sont inséparables dans le tableau du mouvement scientifique dont l'électricité a été l'objet, comme dans le souvenir de ceux qui les ont vus à l'œuvre. Quelle différence, pourtant, sous tous les rapports entre ces deux inventeurs, dans l'éducation, dans les habitudes, dans la manière d'interroger la nature, et dans le point de départ ou la marche de leur investigation! Ce n'est qu'au but qu'ils se rencontrent; mais là, ils se confondent si étroitement, qu'on ne pourrait pas distinguer les résultats obtenus par l'un de ceux que l'autre a constatés : mêmes rectitudes dans les vues, même grandeurs dans les conséquences, même physionomie dans les formules qui expriment les vérités acquises par leurs efforts.

Ampère était grand, mélancolique, gauche dans ses mouvements, lent dans ses allures, presque aveugle; écrire une ligne était pour lui une fatigue, tracer correctement un cercle ou un carré une impossibilité. Sa mémoire exercée et sûre avait tout retenu : histoire, philosophie, zoologie, physique, chimie, vers des classiques français et latins, détails minutieux des caractères attribués aux plantes par Jussieu, ou aux animaux par Cuvier. Ses distractions fabuleuses étaient, de son vivant même, passées à l'état de légendes; il aimait à s'abandonner au courant de son imagination; tout devoir lui était pénible. Sa vie scientifique semblait terminée, lorsque la découverte d'OErstedt vint faire vibrer dans sa belle intelligence des cordes que personne et lui-même n'y avaient jamais soupçonnées. Pour matérialiser sa pensée, lui si maladroit, devenait le plus ingénieux des constructeurs d'appareils; lui si myope, rendait visibles à tous, par les yeux du corps et par les expériences les plus claires, des propriétés cachées de la matière que la méditation seule dévoilait aux yeux de son esprit. Ce rêveur était saisi d'une vive passion, et

son intelligence, portée soudain vers une région supérieure, dévoilait, en quelques semaines : des vues neuves sur la constitution moléculaire des aimants, des faits prédits avec une logique admirable et mis en évidence avec sûreté, des lois, enfin, formant ce code de l'électricité dynamique, consacré déjà par le temps.

Faraday était de taille moyenne, vif, gai, l'œil alerte, le mouvement prompt et sûr, d'une adresse incomparable dans l'art d'expérimenter, exact, précis, tout à ses devoirs. Lorsqu'il préparait, dans sa jeunesse, les leçons de chimie à l'Institution Royale, chaque expérience, menée à point, répondait si bien à la pensée et à la parole du maître, qu'on avait coutume de dire alors que celui-ci professait sur le velours. A la fin de sa vie, lorsqu'il avait quitté la chaire, redevenu auditeur, il suivait de l'œil tous les appareils, surveillant leur marche, prêt à la hâter ou à la ralentir, à réparer le moindre désordre, sans affectation, et comme s'il accomplissait l'office d'un régulateur naturel identifié avec la pensée du professeur. Il vivait dans son laboratoire au milieu de ses instruments de recherches ; il s'y rendait le matin et en sortait le soir aussi exact qu'un négociant qui passe la journée dans ses bureaux. Toute sa vie fut consacrée à y tenter des expériences nouvelles, trouvant, dans la plupart des cas, qu'il était plus court de faire parler la nature que d'essayer de la deviner. Obligé par sa mémoire ingrate et infidèle de noter et de numéroter les faits qu'il découvrait ou les idées qui germaient dans son esprit et d'en tenir registre, il en dressait soigneusement la table, certain que, sans cette précaution, il ne les retrouverait jamais au moment du besoin. Faraday qui n'était pas mathémacien, a été moins prompt dans ses conceptions qu'Ampère ; son œuvre, fondée sur l'expérience seule, a été plus lente ; mais, comme lui, il

s'est élevé à la plus haute contemplation de la nature, et, comme lui, il a découvert tout un ensemble de faits certains et de lois incontestables qui lient à jamais son nom glorieux à l'histoire de l'électro-magnétisme.

Entre Ampère et Faraday, l'un tout à la méditation, l'autre tout à l'action, l'un demandant tout à la pensée, l'autre tout aux faits, rien de commun au premier abord. Le premier ressemble au physiologiste, qui, partant des lois de la vie, descend à la connaissance des organes et à celles de leur jeu; le second à l'anatomiste qui, de l'étude matérielle des appareils organiques, s'élève à la conception de leur mécanisme et à l'interprétation de leur rôle dans l'homme vivant. Partis de points opposés, ils arrivent pourtant au même but, et nul ne saurait dire, alors, si la vérité qu'ils révèlent est le fruit d'une forte conception confirmée par l'expérience, ou celui d'une expérience heureuse, interprétée par une intelligence sûre. C'est ainsi qu'un même spectacle s'offre au regard de l'aigle qu'un vol porte au sommet des Alpes et à celui du voyageur qui en a gravi les pentes lentement et pas à pas.

Mais Ampère et Faraday avaient l'un et l'autre la fibre poétique, le cœur ouvert et l'âme haute. Ils ignoraient la jalousie et l'envie. Toute lumière les remplissait de joie, qu'elle vînt du dedans ou du dehors, qu'elle jaillit de leur propre cerveau ou de celui d'un émule. La jeunesse les trouvait pleins de bonté et d'affectueuse bienveillance. Tout succès les rendait heureux. Ils aimaient l'humanité et sa grandeur; ils respectaient son caractère et sa mission sur la terre. Ils se considéraient comme des instruments d'une volonté suprême, à laquelle ils obéissaient avec respect, et si, pour ceux qui ne connaissent que leurs œuvres, ils comptent parmi les génies qui sont l'orgueil des fils des hommes, pour ceux qui ont

connu leurs personnes, ils se placent parmi les plus humbles et les plus soumises des créatures de Dieu.

Ampère était universel, l'un des plus profonds géomètres de son époque; quand on le voyait dans l'intimité de Jussieu, de Cuvier, de Geoffroy-Saint-Hilaire, car il aimait les causeries du monde, on se disait : il sait tout, il comprend tout, il pénètre au-delà de tout.

Faraday était plus spécial : chimiste au début de sa carrière, il s'était détourné, peu à peu, vers l'étude de la physique, et s'était concentré dans l'étude de l'électricité. Plus extérieur, il vivait par les sens autant que par la pensée. Il n'aimait guère les réunions du monde, mais les grandes scènes l'attiraient et le remplissaient d'une ivresse fébrile. Le coucher du soleil dans la campagne, un orage sur les bords de la mer, un effet de brouillard dans les Alpes, excitaient en lui les plus vives sensations; il les comprenait en peintre, il en était ému en poëte, il les analysait en savant. Le regard, la parole, le geste, tout trahissait alors en lui l'intime communion de son âme avec l'âme de la nature.

Une belle démonstration l'animait du même enthousiasme. On se souvient de l'ardeur généreuse avec laquelle il exposait, dans une soirée de l'Institution Royale, devant Ebelmen ému, les beaux travaux de notre regretté compatriote sur la formation artificielle des gemmes. Où trouver un admirateur qui se soit montré plus passionné pour les beaux spectacles dont un de nos plus illustres confrères, M. Henry Sainte-Claire-Deville, rend les chimistes témoins, en produisant par masses le sodium et l'aluminium, en fondant le platine en bains éblouissants de clarté ?....

Faraday et Foucault. — Un aimable génie, dont la perte récente sera pour l'Académie un long deuil, Foucault, dont les procédés avaient tant d'analogie avec ceux de Faraday

dans l'art de consulter la nature, ne fut jamais plus heureux, peut-être, que dans les occasions où il l'avait pour témoin intime de ses admirables expériences. Quand ces deux hommes, les mains dans les mains, les yeux humides, mais pleins de clartés, se remerciaient sans parler, l'un du bonheur qu'il avait éprouvé, l'autre de l'honneur qu'il avait reçu, je l'affirme, ce regard, cette étreinte, venaient de plus loin et remontaient plus haut que la terre.

Hélas! qui aurait dit, en ce moment, que ces deux belles intelligences devaient bientôt être voilées, et qu'avant de quitter ce monde, où leurs expériences ont répandu de si vives lumières, l'un perdrait la mémoire des mots et la faculté d'énoncer les conceptions que son esprit fatigué semblait embrasser encore; l'autre, la mémoire des faits et le souvenir même de ses beaux travaux, tout en conservant le moyen de communiquer les sentiments et les idées ordinaires de la vie commune!....

Faraday chrétien. — On ne connaîtrait pas Faraday, si l'on ne pénétrait pas assez avant dans sa vie pour mettre en parallèle son amour pour la science et sa foi religieuse; deux formes distinctes, mais inséparables, à ses yeux, du culte qu'il rendait à la divinité. Tout ce qui est terrestre, disait-il, peut être connu par l'esprit de l'homme; mais tout ce qui concerne la vie future échappe à cet esprit et doit lui être communiqué par un autre enseignement. Il affirmait donc hardiment une distinction absolue entre les croyances ordinaires fondées sur l'observation des faits, et la foi religieuse fondée sur la révélation.

Faraday fut pendant une grande partie de sa vie Ancien de son Eglise, et ne renonça à la prédication qu'au moment où il abandonnait l'enseignement lui-même.

Le nom de Faraday doit donc être ajouté à la liste de ceux

qui ont été aussi sincères dans leur foi que profonds dans leur science. Les hommes religieux de l'Angleterre constatent que Newton et Faraday, qu'ils considèrent, l'un, comme le plus élevé des géomètres, l'autre, comme le plus heureux des expérimentateurs, n'ont rien vu dans l'étude de la nature qui pût ébranler leur croyance. Newton, pénétrant dans les profondeurs des cieux, assujettissant pour toujours la marche des astres au calcul et révélant à l'homme les lois du système du monde; Faraday, pénétrant dans les entrailles de la matière, faisant jaillir du choc de ses particules invisibles ou de la rencontre des forces insensibles qu'elles recèlent des pouvoirs merveilleux ou redoutables, ont également gardé, disent-ils, les pieuses convictions de leur enfance. L'orgueil du succès ne les a jamais enivrés, et tandis que leurs propres découvertes servaient, à côté d'eux, d'argument aux incrédules, leur conviction personnelle ne s'est pas démentie un instant.

J'ai beaucoup étudié Faraday; je ne l'ai bien connu, pourtant, qu'après sa mort et par lui-même. Sa perfection, que je croyais spontanée, était le fruit d'une observation constante et d'une fermeté d'âme à toute épreuve. Vers sa vingtième année, ses lettres les plus intimes me le montrent maître de ses vivacités, mais non sans combat; plus tard, elles le font voir ayant dompté, mais non sans peine, une fierté toujours près de la révolte; plus tard, enfin, il craint d'avoir écouté le démon de l'orgueil, et il prend volontiers pour texte de ses sermons, qu'on n'a pas oubliés dans sa communauté : « Que « la parole divine soit comme le marteau qui brise le rocher, « et qu'elle soumette à Dieu toute pensée orgueilleuse et « vaine. »

Il admettait, en effet, avec la plus grande simplicité d'âme, ainsi que tous ses coreligionnaires, qui en font un article fon-

damental de leur doctrine : « que les mérites humains ne sont rien aux yeux de Dieu. »

C'est en séparant les opinions que lui inspirait l'étude de la nature et celles qu'il avait reçues au sujet des vrais fondements de la religion, et dans lesquelles la réflexion l'avait confirmé, que Faraday n'a jamais été gêné, ni par ses progrès personnels ni par ceux d'autrui, dans le développement de sa pensée scientifique.

En tout ce qui concerne les sciences, je n'ai jamais connu d'esprit plus libre, plus dégagé, plus hardi ; c'est le résultat de la méthode expérimentale. Il ne croyait même pas à l'existence de la matière, loin de lui tout accorder ; il ne voyait dans l'univers qu'une seule force obéissant à une seule volonté. Ce qu'on appelle matière n'était à ses yeux qu'un assemblage de centres de force. Chose étrange assurément ! Dans un autre pays, qui donne le pas volontiers à la méthode mathématique, et où certaines témérités sont légèrement portées, ce n'est pas sans difficulté qu'on se persuade, au contraire, que les vérités scientifiques n'ont pas reçu leur dernière expression, et qu'on peut y toucher sans sacrilége.

Cependant, douter des vérités humaines, c'est ouvrir la porte aux découvertes ; en faire des articles de foi, c'est la fermer. Douter des vérités divines, c'est livrer sa vie aux hasards ; y croire, c'est lui donner son lest. Telles étaient la conviction et la règle de Faraday !....

TABLE DES MATIÈRES

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

PARIS. — TYP. WALDER, RUE BONAPARTE, 44.

